

⑯ BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschritt  
⑯ DE 103 18 197 A 1

⑯ Int. Cl.<sup>7</sup>:

F 02 D 13/02

DE 103 18 197 A 1

⑯ Aktenzeichen: 103 18 197.0  
⑯ Anmeldetag: 22. 4. 2003  
⑯ Offenlegungstag: 20. 11. 2003

⑯ Unionspriorität:

2002/119352 22. 04. 2002 JP

⑯ Anmelder:

Toyota Jidosha K.K., Toyota, Aichi, JP

⑯ Vertreter:

Kuhnen & Wacker Patent- und Rechtsanwaltsbüro,  
85354 Freising

⑯ Erfinder:

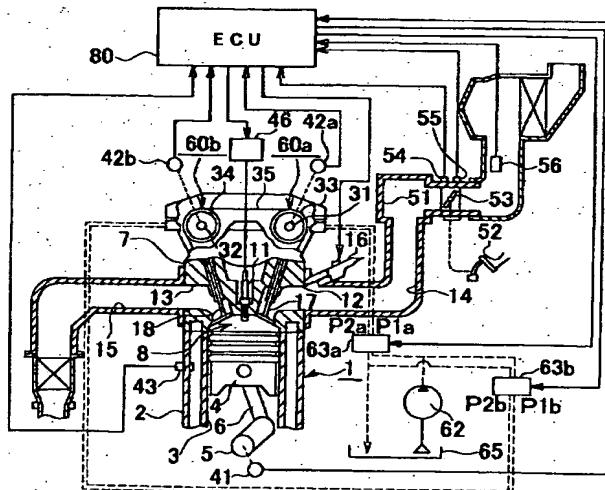
Takagi, Noboru, Toyota, Aichi, JP

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑯ Ventileinstellungs-Steuerungssystem für einen Verbrennungsmotor und Steuerungsverfahren hierfür

⑯ Die Erfindung betrifft ein Ventileinstellungs-Steuerungssystem für einen Verbrennungsmotor, welches variable Ventilantriebsmechanismen sowohl an der Einlaßseite als auch an der Auslaßseite umfaßt, sowie ein Steuerungsverfahren hierfür. Gemäß diesem System und Verfahren wird eine Soll-Ventilüberschneidungsphase auf der Grundlage der Motorgeschwindigkeit (NE) und der Teillast (L) des Verbrennungsmotors bestimmt, und ein Soll-Verdrehwinkel (EXP) einer auslaßseitigen Nockenwelle wird auf der Grundlage der Soll-Überschneidungsphase (OVP) und des aktuellen Verdrehwinkels (INR) einer einlaßseitigen Nockenwelle berechnet. Somit wird ein geeigneter Motorbetriebszustand während der Änderung der Ventileinstellung(en) aufrechterhalten.



DE 103 18 197 A 1

## Beschreibung

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## 1. Gebiet der Erfinung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Ventileinstellungs-Steuerungssystem und ein Steuerungsverfahren hierfür, um die Einlaß- und Auslaßventile eines Verbrennungsmotors zu steuern. Insbesondere betrifft die Erfindung ein solches Steuerungssystem und -verfahren, das mit Vorteil in einem Verbrennungsmotor verwendet werden kann und das variable Ventilantriebsmechanismen aufweist, die jeweils für die Einlaß- und Auslaßventile vorgesehen sind, wodurch die Betriebeinstellung für jedes Ventil unabhängig verändert werden kann.

## 2. Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Ein variabler Ventilantriebsmechanismus für die Änderung der Einstellungen von Einlaß- und Auslaßventilen, wie der zeitlichen Ventilsteuering (d. h. der Steuerung für das Öffnen und Schließen der Ventile) und des Ventilhubs, um eine Erhöhung der Motorleistung, eine Senkung der Abgasemissionen und so weiter zu erreichen, ist bekannt. Insbesondere im Fall von Verbrennungsmotoren, die in Fahrzeuge eingebaut werden, wird beispielsweise ein sogenannter VVT (Variable Valve Timing, Variabler Ventilsteuерungs)-Mechanismus, der die Aufgabe hat, die Steuerzeiten durch Ändern der Drehphase jeder Nockenwelle relativ zur Kurbelwelle zu ändern, vielfältig als variabler Ventilantriebsmechanismus eingesetzt.

[0003] Weiterhin wurde ein Verbrennungsmotor, der mit einem sogenannten dualen VVT-System ausgerüstet ist, wie in der japanischen Offenlegungsschrift Nr. 11-218035 offenbart, bereits in die Praxis umgesetzt. Dieser Motor umfaßt VVT-Mechanismen, die auf einlaß- bzw. auslaßseitigen Nockenwellen vorgesehen sind und unabhängig die Steuerzeit jedes Einlaß- und Auslaßventils verändern.

[0004] Üblicherweise wird in einem Verbrennungsmotor, der mit einem Ventileinstellungs-Steuerungssystem ausgestattet ist, das ein solches duales VVT-System umfaßt, die für den Motorbetriebszustand passende Steuerzeit jeweils gesondert für das Einlaßventil und das Auslaßventil berechnet, und die errechnete Steuerzeit wird jeweils als Soll-Ventilsteuering für die VVT-Mechanismen verwendet. Dann wird der Betrieb jedes VVT-Mechanismus so gesteuert, daß seine aktuelle Ventilsteuering für die Soll-Ventilsteuering übereinstimmt.

[0005] Gemäß dem Ventileinstellungs-Steuerungssystem, welches das wie oben beschrieben gestaltete duale VVT-System umfaßt, wird die Steuerzeit für jedes Einlaß- oder Auslaßventil durch die genannte Steuerungsvorrichtung auf eine bestimmte Steuerzeit gesetzt, die für den Motorbetriebszustand geeignet ist. Bei einem solchen herkömmlichen Ventileinstellungs-Steuerungssystem können jedoch die im folgenden beschriebenen Fehler oder Probleme auftreten, wenn die Ventilsteueringen durch den VVT-Mechanismus verändert werden, so daß hier ein Verbesserungsbedarf besteht.

[0006] Weiterhin besteht eine der Aufgaben von Ventileinstellungs-Steuerungssystemen für Verbrennungsmotoren darin, eine "Ventilüberschneidungsphase" zwischen Einlaß- und Auslaßventilen einzustellen. Genauer wird durch Optimierung der Ventilüberschneidungsphase gemäß dem Motorbetriebszustand der Umfang der EGR (Exhaust Gas Recirculation, Abgasrückführung) in jedem Zylinder so verändert, wie es die Reduzierung der Abgasemission erfordert.

[0007] Im oben beschriebenen herkömmlichen Ventileinstellungs-Steuerungssystem wird solch eine Optimierung der Ventilüberschneidungsphase zwar schließlich erreicht, nachdem die Soll-Ventilsteuering für jedes VVT-Mechanismus 5 auf die Steuerzeit gesetzt wurde, die erforderlich ist, um die am besten geeignete Ventilüberschneidungsphase zu erhalten. Nachdem die Soll-Ventilsteuering für jedes VVT-Mechanismus eingestellt wurde, wird die optimale Ventilüberschneidungsphase jedoch erst erreicht, wenn beide VVT-Mechanismen bei ihren jeweiligen Soll-Steuerzeiten angekommen sind, daher ist es schwierig, eine ausreichende An sprechgeschwindigkeit beim Anpassen der Ventilüberschneidungsphase zu gewährleisten. Daher kann es insbesondere bei einem Motorbetriebszustand, in dem das Einstellen einer Ventilüberschneidungsphase die Abgasemissionen und dergleichen stark beeinflußt, während der Zeit bis die aktuelle Ventilsteuering der Soll-Steuerzeit angepaßt ist, zu Problemen kommen, wie beispielsweise einem Anstieg der Abgasemissionen.

[0008] Außerdem entstehen weitere Probleme, wie unten beschrieben, wenn die VVT-Mechanismen jeweils unterschiedliche Ansprechgeschwindigkeiten aufweisen. Auch wenn die VVT-Mechanismen an den Einlaß- und Auslaßseiten genau gleich gestaltet sind, besteht die Tendenz zu jeweils unterschiedlichen Ansprechgeschwindigkeiten, und zwar weil die Druckölleitungen unterschiedlich lang sind usw. Im folgenden werden Probleme, die aus diesem Unterschied in der Ansprechgeschwindigkeit entstehen, mit Bezug auf Fig. 7 erklärt.

[0009] Fig. 7 zeigt einen bestimmten Zustand der Ventilsteuering, die vom oben beschriebenen herkömmlichen Ventileinstellungs-Steuerungssystem ausgeführt wird, wenn sowohl die Einlaß- als auch die Auslaßventile gesteuert werden. Dieses Beispiel zeigt den Fall, daß die Ansprechgeschwindigkeit des einlaßseitigen VVT-Mechanismus niedriger ist als diejenige des auslaßseitigen VVT-Mechanismus. Im Steuerungszustand, der in Fig. 7 gezeigt ist, muß die Ventilsteuering jedes VVT-Mechanismus in Nachlaufrichtung geändert werden, während die Ventilüberschneidungsphase ab einem Zeitpunkt T reduziert wird.

[0010] Zunächst werden zum Zeitpunkt T die Soll-Ventilsteueringen für die jeweiligen Ventile so berechnet, daß sich ihre Steuerzeiten wie oben angegeben ändern. Dann beginnt sich die Steuerzeit jedes Ventils in Nachlaufrichtung zu verändern. Dabei verändert sich die Steuerzeit des Auslaßventils jedoch schneller als diejenige des Einlaßventils, und zwar aufgrund des Unterschieds in der Ansprechgeschwindigkeit zwischen den VVT-Mechanismen. Daher wird die Ventilüberschneidungsphase mit der Zeit zunehmend größer als vor der Änderung der Ventilsteueringen.

[0011] Wenn sich die Ventilsteuering des Auslaßventils ihrer Soll-Ventilsteuering annähert und diese zum Zeitpunkt T1 erreicht, beginnt die Ventilüberschneidungsphase allmählich abzunehmen, da die Ventilsteuering des Einlaßventils sich in Nachlaufrichtung verändert. Dann, wenn die Ventilsteuering des Einlaßventils sich ihrer Soll-Ventilsteuering annähert und diese zum Zeitpunkt T2 erreicht, entspricht die Ventilüberschneidungsphase schließlich dem Betrag, der gemäß dem Betriebszustand des Motors erforderlich ist.

[0012] Wenn die Ventilsteueringen auf diese Weise verändert werden, kann dies während der Veränderung der Ventilsteueringen eine unerwünschte Vergrößerung der Ventilüberschneidungsphase bewirken, und die Ventilüberschneidungsphase kann vorübergehend größer werden als vor der Änderung der Ventilsteueringen, obwohl die erforderliche Ventilüberschneidungsphase schließlich erreicht wird, wie oben beschrieben. Dies widerspricht dem Umstand, daß die

Ventilsteuerzeiten eigentlich verändert werden, damit die Ventilüberschneidungsphase geringer wird. Nach einer solchen unerwünschten Vergrößerung der Ventilüberschneidungsphase wird der Umfang der internen EGR in jedem Zylinder zu groß, was die vom Verbrennungsmotor ausgestoßene Kohlenwasserstoffmenge erhöhen kann. Wenn der Umfang der internen EGR zu groß wird, sinkt darüber hinaus die Verbrennungstemperatur auf ungünstige Weise, oder es strömt zu viel Einlaßluft von der Einlaßleitung durch die Brennkammer zur Auslaßleitung, was bewirken kann, daß die Verbrennung im Motor instabil wird, und was schlimmstenfalls sogar ein Abwürgen des Motors zur Folge haben kann.

[0013] Wenn dagegen die Ansprechgeschwindigkeit jedes VVT-Mechanismus unterschiedlich ist und die Ventilsteuerzeit jedes Ventils geändert wird, um die Ventilüberschneidungsphase zu vergrößern, kann es passieren, daß die Ventilüberschneidungsphase während der Änderung der Ventilsteuerzeiten auf unerwünschte Weise verringert wird, und daß die Ventilüberschneidungsphase dadurch geringer wird als vor der Veränderung der Ventilsteuerzeiten. In diesem Fall nimmt der Umfang der internen EGR im Zylinder auf unerwünschte Weise ab, was einen ungünstigen Anstieg der Verbrennungstemperatur, einen Anstieg der NOx-Emissionen usw. bewirken kann.

[0014] Infolgedessen kann bei einem solchen herkömmlichen Ventileinstellungs-Steuerungssystem, das sich lediglich der für den Motorbetriebszustand geeigneten Ventilsteuerzeit als Soll-Ventilsteuerzeit bedient, die Ventilüberschneidungsphase während der Ventileinstellungssteuerung nicht immer auf geeignete Weise eingestellt werden. Im Fall eines Ventileinstellungs-Steuerungssystems, das einen variablen Ventilantriebsmechanismus und dergleichen aufweist, der aber nicht dem Typ der VVT-Mechanismen entspricht, um die Ventilsteuerzeiten durch Verändern der relativen Phasen einer Nockenwelle zu ändern, kann dieses Ventileinstellungs-Steuerungssystem, falls es variable Ventilantriebsmechanismen aufweist, die sowohl einlaß- als auch auslaßseitig ausgestaltet und so angeordnet sind, daß sie die einlaß- und auslaßseitigen Ventileinstellungen jeweils unabhängig voneinander steuern, im Wesentlichen den gleichen Problemen unterliegen wie oben beschrieben.

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0015] Angesichts der geschilderten Situation dient die Erfindung dazu, ein Ventileinstellungs-Steuerungssystem und ein Verfahren hierfür bereitzustellen, das während der Änderung der Ventileinstellungen einen geeigneten Betriebszustand eines Verbrennungsmotors aufrechterhält und das variable Ventilantriebsmechanismen umfaßt, welche sowohl einlaß- als auch auslaßseitig vorgesehen sind.

[0016] Um das genannte Ziel zu erreichen, wird ein Ventileinstellungs-Steuerungssystem für einen Verbrennungsmotor bereitgestellt, das einen ersten variablen Ventilantriebsmechanismus zur Veränderung der Ventileinstellung entweder eines Einlaßventils oder eines Auslaßventils umfaßt, sowie einen zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus, um die Ventileinstellung des jeweils anderen der Einlaß- und Auslaßventile zu verändern. Das Ventileinstellungs-Steuerungssystem hat die Aufgabe, einen Soll-Steuerungsbetrag jedes variablen Ventilantriebsmechanismus zu berechnen und den Betrieb jedes variablen Ventilantriebsmechanismus so zu steuern, daß sein aktueller Steuerungsbetrag dem Soll-Steuerungsbetrag entspricht. Das Ventileinstellungs-Steuerungssystem ist dadurch gekennzeichnet, daß:

ein Steuerungsbetrag des ersten variablen Ventilantriebsme-

chanismus, der erforderlich ist, um eine für den Motorbetriebszustand geeignete Ventileinstellung entweder eines Einlaß- oder eines Auslaßventils zu erhalten, als Soll-Steuerungsbetrag des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus berechnet wird;

5 eine Soll-Ventilüberschneidungsphase zwischen den Einlaß- und Auslaßventilen gemäß dem Motorbetriebszustand berechnet wird; und

10 ein Soll-Steuerungsbetrag des zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus auf der Grundlage des aktuellen Steuerungsbetrags des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus und der Soll-Ventilüberschneidungsphase berechnet wird.

[0017] Eine beispielhafte Ausführungsform der Erfindung

15 betrifft außerdem ein Steuerungsverfahren für ein Ventileinstellungs-Steuerungssystem für einen Verbrennungsmotor, das einen ersten variablen Ventilantriebsmechanismus zur Änderung der Ventileinstellung entweder eines Einlaßventils oder eines Auslaßventils sowie einen zweiten variablen

20 Ventilantriebsmechanismus zur Änderung der Ventileinstellung des jeweils anderen der Einlaß- und Auslaßventile umfaßt, wobei das Ventileinstellungs-Steuerungssystem die Aufgabe hat, einen Soll-Steuerungsbetrag für jeden variablen Ventilantriebsmechanismus zu berechnen und den Betrieb

25 jedes variablen Ventilantriebsmechanismus so zu steuern, daß dessen aktueller Steuerungsbetrag mit dem Soll-Steuerungsbetrag übereinstimmt, wobei das Steuerungsverfahren dadurch gekennzeichnet ist, daß es die folgenden Schritte umfaßt:

30 Berechnen eines Steuerungsbetrags des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus, der notwendig ist, um eine für den Motorbetriebszustand geeignete Ventileinstellung entweder eines Einlaß- oder eines Auslaßventils zu erhalten, als Soll-Steuerungsbetrag des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus;

35 Berechnen einer Soll-Ventilüberschneidungsphase zwischen den Einlaß- und Auslaßventilen gemäß dem Motorbetriebszustand; und

Berechnen eines Soll-Steuerungsbetrags des zweiten variablen 40 Ventilantriebsmechanismus auf der Grundlage des aktuellen Steuerungsbetrags des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus und der Soll-Ventilüberschneidungsphase.

[0018] Gemäß diesem Steuerungssystem und -verfahren

45 wird der Soll-Steuerungsbetrag des zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus auf der Grundlage des aktuellen Steuerungsbetrags des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus und der Soll-Ventilüberschneidungsphase berechnet. Somit wird der Betrieb des zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus so gesteuert, daß die Soll-Ventilüberschneidungsphase erreicht wird. Darum ist es möglich,

50 die notwendige Ventilüberschneidungsphase zu erreichen, bevor die Änderung der Ventileinstellung sowohl der Einlaß- als auch der Auslaßventile abgeschlossen ist, wodurch eine schnellere Anpassung der Ventilüberschneidungsphase möglich wird.

[0019] Mit der obigen Anordnung wird die Ventilüberschneidungsphase während der Änderung der Ventileinstellungen außerdem ständig so verändert, daß sie sich der Soll-

60 Ventilüberschneidungsphase annähert. Darum wird eine unerwünschte Verringerung oder Vergrößerung der Ventilüberschneidungsphase verhindert, wie sie ansonsten während der Änderung der Ventileinstellungen bewirkt werden könnte, wodurch während der Änderung der Ventilsteuerzeiten ein geeigneter Motorbetriebszustand beibehalten werden kann.

[0020] Eine weitere beispielhafte Ausführungsform der Erfindung betrifft ein Ventileinstellungs-Steuerungssystem

für einen Verbrennungsmotor, das einen ersten variablen Ventilantriebsmechanismus zur Änderung der Ventileinstellung entweder eines Einlaßventils oder eines Auslaßventils sowie einen zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus zur Änderung der Ventileinstellung des jeweils anderen der Einlaß- und Auslaßventile umfaßt, wobei das Ventileinstellungs-Steuerungssystem die Aufgabe hat, einen Soll-Steuerungsbetrag für jeden variablen Ventilantriebsmechanismus zu berechnen und den Betrieb jedes variablen Ventilantriebsmechanismus so zu steuern, daß dessen aktueller Steuerungsbetrag dem Soll-Steuerungsbetrag entspricht. Das Ventileinstellungs-Steuerungssystem ist dadurch gekennzeichnet, daß:

ein erstes Sollwert-Berechnungsmittel vorgesehen ist, das einen Steuerungsbetrag des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus, der erforderlich ist, um eine für den Motorbetriebszustand geeignete Ventileinstellung entweder eines Einlaß- oder eines Auslaßventils zu erreichen, als ersten Soll-Steuerungsbetrag des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus berechnet, das eine Soll-Ventilüberschneidungsphase zwischen den Einlaß- und Auslaßventilen gemäß dem Motorbetriebszustand berechnet und das einen Soll-Steuerungsbetrag des zweiten variablen Ventilsteuerungsmechanismus auf der Grundlage des aktuellen Steuerungsbetrags des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus und der Soll-Ventilüberschneidungsphase berechnet; ein zweites Sollwert-Berechnungsmittel vorgesehen ist, welches die Steuerungsbeträge der ersten und zweiten variablen Ventilantriebsmechanismen, die erforderlich sind, damit die Ventile jeweils eine für den Motorbetriebszustand geeignete Ventileinstellung erreichen, als zweite Soll-Steuerungsbeträge des ersten und zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus berechnet; und die Soll-Steuerungsbeträge der ersten und zweiten variablen Ventilantriebsmechanismen aus den ersten und zweiten Steuerungsbeträgen sowohl des ersten als auch des zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus gemäß dem Motorbetriebszustand während der Berechnung der Soll-Steuerungsbeträge der ersten und zweiten variablen Ventilsteuerungsmechanismen ausgewählt werden.

[0021] Eine weitere beispielhafte Ausführungsform der Erfindung betrifft das Steuerungsverfahren eines Ventileinstellungs-Steuerungssystems für einen Verbrennungsmotor, der einen ersten variablen Ventilantriebsmechanismus für die Änderung der Ventileinstellung entweder eines Einlaß- oder eines Auslaßventils und einen zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus für die Änderung der Ventileinstellung des jeweils anderen der Einlaß- und Auslaßventile umfaßt, wobei das Ventileinstellungs-Steuerungssystem die Aufgabe hat, einen Soll-Steuerungsbetrag für jeden variablen Ventilantriebsmechanismus zu berechnen und den Betrieb jedes variablen Ventilantriebsmechanismus so zu steuern, daß sein aktueller Steuerungsbetrag dem Soll-Steuerungsbetrag entspricht, wobei das Steuerungsverfahren dadurch gekennzeichnet ist, daß es die folgenden Schritte umfaßt:

Berechnen eines Steuerungsbetrags für den ersten variablen Ventilantriebsmechanismus, der erforderlich ist, um eine für den Motorbetriebszustand geeignete Ventileinstellung entweder eines Einlaß- oder eines Auslaßventils zu erhalten, als ersten Soll-Steuerungsbetrag für den ersten variablen Ventilantriebsmechanismus;

Berechnen einer Soll-Ventilüberschneidungsphase zwischen den Einlaß- und Auslaßventilen gemäß dem Motorbetriebszustand;

Berechnen eines ersten Soll-Steuerungsbetrags für den zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus auf der Grundlage des aktuellen Steuerungsbetrags des ersten varia-

blen Ventilantriebsmechanismus und der Soll-Ventilüberschneidungsphase;

Berechnen der Steuerungsbeträge für die ersten und zweiten variablen Ventilsteuerungsmechanismen, die erforderlich sind, um jeweils die für den Motorbetriebszustand geeignete Einstellung der Ventile zu erreichen, als zweite Soll-Steuerungsbeträge; und

Auswählen von Soll-Steuerungsbeträgen für die ersten und zweiten variablen Ventilantriebsmechanismen aus den ersten und zweiten Soll-Steuerungsbeträgen sowohl des ersten als auch des zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus gemäß dem Motorbetriebszustand während der Berechnung der Soll-Steuerungsbeträge der ersten und zweiten variablen Ventilantriebsmechanismen.

[0022] Die Einflüsse dieser Ventileinstellungen auf den Motorbetriebszustand können grob eingeteilt werden in solche, die aus der Ventilüberschneidungsphase entstehen, und solche, die aus den eigentlichen Ventileinstellungen entstehen, beispielsweise aus der zeitlichen Steuerung für das Öffnen und Schließen der Einlaß- und Auslaßventile.

[0023] Gemäß dem oben beschriebenen Steuerungssystem und -verfahren wird der erste Soll-Steuerungsbetrag des zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus auf der Grundlage des aktuellen Steuerungsbetrags des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus und der Soll-Ventilüberschneidungsphase berechnet. Wenn der Soll-Steuerungsbetrag des zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus berechnet wird, können die Ventilüberschneidungsphasen schnell angepaßt werden, wie oben ausgeführt. Die Ventilüberschneidungsphase wird während der Änderung der Ventileinstellungen außerdem ständig so verändert, daß sie sich der Soll-Ventilüberschneidungsphase annähert. Darum wird eine unerwünschte Vergrößerung oder Verringerung der Ventilüberschneidungsphase vermieden, wie sie ansonsten während der Veränderung der Ventileinstellungen bewirkt werden könnte, wodurch während der Änderung der Ventileinstellungen ein geeigneter Motorbetriebszustand aufrecht erhalten werden kann.

[0024] Andererseits werden Steuerungsbeträge für den zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus, die erforderlich sind, um eine für den Motorbetriebszustand geeignete Ventileinstellung zu erhalten, als zweite Soll-Steuerungsbeträge des zweiten variablen Ventilmechanismus berechnet. Wenn die zweiten Soll-Steuerungsbeträge als Soll-Steuerungsbeträge für den zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus ausgewählt werden, entspricht die Einstellung des Ventils, die vom zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus geändert werden soll, einer Ventileinstellung, die für den Motorbetriebszustand geeignet ist. Das heißt, mit dem obigen Steuerungssystem und -verfahren ist es möglich, während der Veränderung der Ventileinstellungen die Einstellung jedes Ventils schnell so anzupassen, wie es der Motorbetriebszustand erfordert.

[0025] Durch eine Umschaltvorrichtung für die Berechnung des Soll-Steuerungsbetrags jedes variablen Ventilantriebsmechanismus gemäß dem Motorbetriebszustand ist es möglich, während der Änderung der Ventileinstellungen einen geeigneten Motorbetriebszustand beizubehalten.

[0026] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist es bevorzugt, daß die Ventileinstellung eine Ventilsteuering ist, der Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) eine Soll-Ventilsteuzeit ist und der aktuelle Steuerungsbetrag (INR, EXR) eine aktuelle Ventilsteuzeit ist.

[0027] Mit dieser Anordnung wird der Soll-Steuerungsbetrag des zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus auf der Grundlage des aktuellen Steuerungsbetrags des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus und der Soll-Ventilüberschneidungsphase berechnet. Somit wird der Betrieb

## KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

des zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus so gesteuert, daß die Soll-Überschneidungsphase erreicht wird. Daher ist es möglich, eine erforderliche Ventilüberschneidungsphase zu erreichen, bevor die Änderung der Ventileinstellung sowohl der Einlaß- als auch der Auslaßventile abgeschlossen ist, wodurch eine schnellere Anpassung der Ventilüberschneidungsphase möglich wird.

[0028] Darüber hinaus wird die Ventilüberschneidungsphase während der Änderung der Ventileinstellungen ständig so verändert, daß sie sich der Soll-Ventilüberschneidungsphase annähert. Daher wird eine unerwünschte Vergrößerung oder Verringerung der Ventilüberschneidungsphase vermieden, wie sie ansonsten während der Änderung der Ventileinstellungen bewirkt würde, wodurch während der Änderung der Ventilstuerzeiten ein geeigneter Motorbetriebszustand aufrechterhalten werden kann.

[0029] Das erste Sollwert-Berechnungsmittel berechnet außerdem die Soll-Ventilsteuerzeit des zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus auf der Grundlage der aktuellen Ventilsteuerzeit des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus und der Soll-Ventilüberschneidungsphase. Wenn die Soll-Ventilsteuerzeit des zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus durch das erste Sollwert-Berechnungsmittel berechnet wird, kann die Ventilüberschneidungsphase schnell angepaßt werden, wie bereits erwähnt. Außerdem wird, da die Ventilüberschneidungsphase während der Änderung der Ventileinstellungen ständig so verändert wird, daß sie sich der Soll-Ventilüberschneidungsphase annähert, eine unerwünschte Vergrößerung oder Verringerung der Ventilüberschneidungsphase, wie sie ansonsten während der Veränderung der Ventileinstellungen bewirkt werden könnte, vermieden, wodurch während der Änderung der Ventilsteuerzeiten ein geeigneter Motorbetriebszustand aufrechterhalten werden kann.

[0030] Durch eine Umschaltvorrichtung für die Berechnung des Soll-Steuerungsbetrags jedes variablen Ventilantriebsmechanismus gemäß dem Motorbetriebszustand ist es möglich, während der Änderung der Ventileinstellungen den geeigneten Motorbetriebszustand aufrechtzuhalten.

[0031] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist es außerdem bevorzugt, daß das erste Sollwert-Berechnungsmittel eingesetzt wird, wenn der Motorbetriebszustand es erforderlich macht, daß die Ventilüberschneidungsphase größer ist als die gegenwärtige Ventilüberschneidungsphase, und daß das zweite Sollwert-Berechnungsmittel eingesetzt wird, wenn der Motorbetriebszustand es erforderlich macht, daß die Ventilüberschneidungsphase geringer ist als die gegenwärtige Ventilüberschneidungsphase.

[0032] Mit dieser Anordnung wird für das Sollwert-Berechnungsmittel zwischen dem ersten Sollwert-Berechnungsmittel und dem zweiten Sollwert-Berechnungsmittel umgeschaltet, und zwar je nachdem, in welcher Richtung eine Änderung der Ventilüberschneidungsphase vom Motorbetriebszustand verlangt wird. Somit wird ein geeigneter Motorbetriebszustand beibehalten, während die Ventileinstellungen oder die Ventilstuerzeiten verändert werden.

[0033] Gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung ist es außerdem bevorzugt, daß jeder variable Ventilantriebsmechanismus die Steuerzeit des Ventils dadurch verändert, daß er die relative Phase einer Nockenwelle, die das Ventil zum Öffnen und Schließen antreibt, bezüglich der Kurbelwelle verändert.

[0034] Mit dieser Anordnung kann eine noch größere Zuverlässigkeit während der Änderung der Ventilstuerzeiten der Einlaß- und Auslaßventile erreicht werden.

[0035] Die oben aufgeführte beispielhafte Ausführungsform und weitere beispielhafte Ausführungsformen, Ziele, 5 Merkmale, Vorteile, sowie die technische und wirtschaftliche Bedeutung der Erfindung werden durch die Lektüre der folgenden detaillierten Beschreibung der beispielhaften Ausführungsformen der Erfindung besser verstanden, wenn man sie in Verbindung mit den begleitenden Zeichnung betrachtet, wobei:

[0036] Fig. 1 eine schematische Darstellung ist, die den Aufbau eines Ottomotors 1 zeigt, der ein Ventileinstellungs-Steuerungssystem gemäß einer Ausführungsform der Erfindung umfaßt;

[0037] Fig. 2 eine Darstellung ist, welche die Beziehung zwischen den Verdrehwinkeln von Einlaß- und Auslaßventilen und der Ventilüberschneidungsphase zeigt;

[0038] Fig. 3 ein Fließdiagramm ist, das ein Steuerungsverfahren zeigt, das in einer ersten Ausführungsform der Erfindung durchgeführt wird, wenn die Soll-Ventilsteuerzeiten berechnet werden;

[0039] Fig. 4a und 4b Darstellungen sind, die einen Zustand der Ventilzeitsteuerung zeigen, die durch das Ventileinstellungs-Steuerungssystem der ersten Ausführungsform 20 durchgeführt wird, wenn die Ventilstuerzeiten der Einlaß- und Auslaßventile gesteuert werden;

[0040] Fig. 5 ein Flußdiagramm ist, das ein Steuerungsverfahren zeigt, das in einer zweiten Ausführungsform der Erfindung durchgeführt wird, wenn die Soll-Ventilsteuerzeiten berechnet werden;

[0041] Fig. 6 eine Darstellung ist, die den Zustand der Ventilzeitsteuerung zeigt, die vom Ventileinstellungs-Steuerungssystem der zweiten Ausführungsform durchgeführt wird, wenn die Soll-Ventilsteuerzeiten mittels eines zweiten 35 Algorithmus berechnet werden; und

[0042] Fig. 7 eine Darstellung ist, die den Zustand der Ventilzeitsteuerung zeigt, die von einem herkömmlichen Ventileinstellungs-Steuerungssystem durchgeführt wird, wenn die Ventilstuerzeiten der Einlaß- und Auslaßventile 40 gesteuert werden.

## DETAILLIERTE BESCHREIBUNG BEVORZUGTER AUSFÜHRUNGSFORMEN

[0043] In der folgenden Beschreibung und den begleitenden Zeichnungen wird die Erfindung detaillierter mit Bezug auf beispielhafte Ausführungsformen beschrieben.

## Erste Ausführungsform

[0044] Zunächst wird ein Ventileinstellungs-Steuerungssystem für einen Verbrennungsmotor gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung detailliert mit Bezug auf die Fig. 1 bis 4 beschrieben.

[0045] Fig. 1 zeigt schematisch den Aufbau eines Ottomotors 1, der das Ventileinstellungs-Steuerungssystem der Ausführungsform aufweist. Eine Mehrzahl von Zylindern 3 sind in einem Zylinderblock 2 des Ottomotors 1 ausgestaltet (Hinweis: in Fig. 1 ist nur ein Zylinder 3 gezeigt). In jedem

55 Zylinder 3 ist ein Kolben 4 angeordnet, der über eine Pleuelstange 6 mit einer Kurbelwelle 5 verbunden ist, so daß eine Auf- und Abbewegung des Kolbens 4 über die Pleuelstange 6 in eine Drehung der Kurbelwelle 5 umgewandelt wird.

[0046] Ein Zylinderkopf 7 ist oben auf dem Zylinderblock

60 2 montiert. Im Zylinder 3 ist eine Brennkammer 8 durch das obere Ende des Kolbens 4 und den Zylinderkopf 7 begrenzt.

[0047] Außerdem ist eine Zündkerze 11 in der Brennkammer 8 angeordnet. Eine Einlaßöffnung 12 und eine Auslaß-

öffnung 13 sind relativ zur Brennkammer 8 angeordnet und mit einem Einlaßkanal 14 bzw. einem Auslaßkanal 15 verbunden. Eine Einspritzvorrichtung 16 zum Einspritzen des Kraftstoffs ist in der Einlaßöffnung 12 relativ zur Brennkammer 8 angeordnet.

[0048] Ein Einlaßventil 17 zum Öffnen/Schließen der Einlaßöffnung 12 sowie ein Auslaßventil 18 zum Öffnen/Schließen der Auslaßöffnung 13 sind jeweils relativ zur Brennkammer 8 angeordnet. Während des Betriebs öffnen und schließen sich die Einlaß- und Auslaßventile 17, 18, weil sie durch die Drehung der Nocken (nicht gezeigt) angetrieben werden, die auf einlaß- bzw. auslaßseitigen Nockenwellen 31, 32 vorgesehen sind. Das heißt, die Ventile 17, 18 öffnen und schließen sich, wenn die Nockenwellen 31, 32 sich drehen. Stirnräder 33, 34 sind an den Enden der Nockenwellen 31 bzw. 32 vorgesehen. Die Stirnräder 33, 34 sind über einen Keilriemen 35 so mit der Kurbelwelle 5 verbunden, daß jedes Stirnrad sich pro zwei Umdrehungen der Kurbelwelle 5 einmal dreht. Mit dieser Anordnung wird, wenn der Ottomotor 1 läuft, die Drehkraft der Kurbelwelle 5 über den Keilriemen 35 und die Stirnräder 33, 34 auf die einlaß- bzw. auslaßseitigen Nockenwellen 31, 32 übertragen. Somit werden die Einlaß- und Auslaßventile 17, 18 synchron mit der Drehung der Kurbelwelle 5 geöffnet und geschlossen. Das heißt, sie werden zu vorbestimmten Zeiten gemäß der Auf- und Abbewegung des Kolbens 4 angetrieben.

[0049] Außerdem ist ein Kurbelwinkelsensor 41 in der Nähe der Kurbelwelle 5 vorgesehen. Der Kurbelwinkelsensor 41 hat die Aufgabe, die Drehphase der Kurbelwelle 5 (d. h. einen Kurbelwinkel) zu erfassen, und die Motorgeschwindigkeit NE des Ottomotors 1 (d. h. die Drehgeschwindigkeit der Kurbelwelle (5)) wird gemäß der erfaßten Drehphase bestimmt. Außerdem ist ein Nockenwinkelsensor 42a in der Nähe der einlaßseitigen Nockenwelle 31 vorgesehen, und die Drehphase der einlaßseitigen Nockenwelle 31 (d. h. ein Nockenwinkel) wird auf der Grundlage von Signalen, die vom Nockenwinkelsensor 42a und dem Kurbelwinkelsensor 41 ausgegeben werden, bestimmt. Ebenso ist ein weiterer Nockenwinkelsensor 42b in der Nähe der auslaßseitigen Nockenwelle 32 angeordnet, und die Drehphase der auslaßseitigen Nockenwelle 32 (d. h. der Nockenwinkel) wird auf der Grundlage von Signalen, die vom Nockenwinkelsensor 32b und vom Kurbelwinkelsensor 41 ausgegeben werden, bestimmt.

[0050] Eine Zündvorrichtung 46 hat die Aufgabe, eine hohe Spannung an die Zündkerze 11 anzulegen. Somit entspricht die Zündsteuerung der Zündkerze 11 dem Zeitpunkt, zu dem eine hohe Spannung von der Zündvorrichtung 46 ausgeht. Wenn der Ottomotor 1 läuft, um eine Motorleistung zu erzeugen, wird eine Luft/Kraftstoff-Mischung, die aus über die Einlaßleitung 14 zugeführter Einlaßluft und von der Einspritzvorrichtung 16 eingespritztem Kraftstoff besteht, durch die Zündkerze 11 entzündet und verbrennt (explodiert) in der Brennkammer 8, und das erzeugte Verbrennungsgas wird in die Auslaßleitung 15 ausgestoßen.

[0051] Ein Ausgleichsbehälter 51 für die Verhinderung oder Unterdrückung einer Pulsation der Einlaßluft ist entlang eines Teils der Einlaßleitung 14 vorgesehen. Ein Drosselventil 53, dessen Öffnungsgrad sich ändert, wenn ein Gaspedal 52 betätigt wird, ist stromaufwärts vorn Ausgleichsbehälter 51 angeordnet. Das Luftvolumen, das in die Brennkammer 8 eingeführt werden muß, wird durch Änderung des Öffnungsgrads des Drosselventils 53 eingestellt. In der Nähe des Drosselventils 53 sind außerdem ein Drosselöffnungssensor 54 zur Erfassung des Öffnungsgrads des Drosselventils 53 und ein Leeraufschalter 55 angeordnet, der angeschaltet wird, denn das Drosselventil 53 völlig ge-

schlossen ist. Darüber hinaus ist ein Luftdurchsatz-Meßgerät 56, dessen Ausgabewert sich gemäß der Einlaßmenge Qa ändert, der Luftmenge, die dem Ottomotor 1 zugeführt wird, stromaufwärts vom Drosselventil 53 angeordnet.

- 5 [0052] Gemäß der Ausführungsform wird ein variabler einlaßseitiger Ventilsteuerungsmechanismus (im folgenden als "IN-VVT-Mechanismus") 60a mit Bezug auf das Stirnrad 33, das an der einlaßseitigen Kurbelwelle 31 vorgesehen ist, gestaltet. Ebenso wird ein variabler auslaßseitiger Ventilsteuerungsmechanismus (im folgenden als "EX-VVT-Mechanismus") 60b mit Bezug auf das Stirnrad 34, das an der auslaßseitigen Nockenwelle 32 vorgesehen ist, gestaltet.
- 10 [0053] Der IN-VVT-Mechanismus 60a ist so angeordnet, daß er die zeitliche Steuerung für das Öffnen/Schließen des Einlaßventils 17 durch Änderung der Drehphase des Stirnrad 33 und derjenigen der einlaßseitigen Nockenwelle 31 bezüglich der Kurbelwelle 5 unter Verwendung von Hydraulikdruck kontinuierlich ändert. Ebenso ist der EX-VVT-Mechanismus 60b so angeordnet, daß er die zeitliche Steuerung für das Öffnen/Schließen des Auslaßventils 18 durch Änderung der Drehphase des Stirnrad 34 und derjenigen der auslaßseitigen Nockenwelle 32 bezüglich der Kurbelwelle 5 unter Verwendung von Hydraulikdruck kontinuierlich ändert. Der IN-VVT-Mechanismus 60a ist mit einer vorlaufseitigen Hydraulikleitung P1a und einer nachlaufseitigen Hydraulikleitung P2a ausgestattet. Die vorlaufseitige Hydraulikleitung P1a wird während des Voreilens der Drehphase der einlaßseitigen Nockenwelle relativ zu derjenigen der zeitlichen Steuerung des Stirnrad 33 für die Ölzufluhr verwendet, während die nachlaufseitige Hydraulikleitung P2a während des Nacheilens der Drehphase der einlaßseitigen Nockenwelle 31 relativ zu derjenigen des Stirnrad 33 für die Ölzufluhr verwendet wird. Der EX-VVT-Mechanismus 60b ist mit einer vorlaufseitigen Hydraulikleitung P1b
- 15 und einer nachlaufseitigen Hydraulikleitung P2b ausgestattet. Die vorlaufseitige Hydraulikleitung P1b wird während des Voreilens der Drehphase der einlaßseitigen Nockenwelle 32 relativ zu derjenigen des Stirnrad 34 für die Ölzufluhr verwendet, während die nachlaufseitige Hydraulikleitung P2b während des Nacheilens der Drehphase der einlaßseitigen Nockenwelle 32 relativ zu derjenigen des Stirnrad 34 für die Ölzufluhr verwendet wird. Das Öl, das sich in einer Ölwanne 65 befindet, wird von einer Ölpumpe 62 gefördert und Öl-Steuerventilen (im folgenden als "OCVs" 63a,
- 20 63b bezeichnet) zugeführt. Diese OCVs 63a, 63b sind sogenannte lineare solenoidgesteuerte Ventile und sind in der Lage, das Ziel und die Zuführgeschwindigkeit des Öls durch Änderung des Arbeits-Spannungsverhältnisses des elektromagnetischen Solenoids, der in jedes Ventil eingebettet ist, zu verändern. Dann wird Öl über das OCV 63a entweder der vorlaufseitigen Hydraulikleitung P1a oder der nachlaufseitigen Hydraulikleitung P2a zugeführt, während Öl über das OCV 63b entweder der vorlaufseitigen Hydraulikleitung P1b oder der nachlaufseitigen Hydraulikleitung P2b zugeführt wird. Durch selektive Zufuhr von Öl zu jeder Hydraulikleitung ist es somit möglich, die Drehphase jeder Nockenwelle 31 oder 32 bezüglich der Kurbelwelle 5 zu ändern, so daß die Ventilsteuzeit des Ventils 17 oder 18 ebenfalls geändert wird.
- 25 [0054] Eine elektronische Steuerungseinheit (ECU) 80 ist im Ottomotor 1 vorgesehen, um verschiedene Steuerungen durchzuführen, wie u. a. die Steuerung des Zündungszentrums, die Steuerung der eingespritzten Kraftstoffmenge und die Ventilzeitsteuerung über die Phasensteuerung durch die VVI-Mechanismen. Die ECU 80 umfaßt einen Mikrorechner, der eine Zentraleinheit (CPU) als Hauptkomponente umfaßt, sowie weitere Komponenten, wie einen Nur-Lese-Speicher (ROM), in dem zuvor verschiedene Pro-

gramme, Datensätze und dergleichen hinterlegt wurden, und einen Schreib/Lese-Speicher (RAM) zur vorübergehenden Aufzeichnung der Ergebnisse von Berechnungen, die von der CPU durchgeführt wurden. Darüber hinaus ist die ECU 80 mit einem Sicherungs (Back Up)-RAM zur Sicherung von Rechenergebnissen, zuvor gespeicherten Daten und dergleichen nach Abstellen des Motors, einer Eingangsschnittstelle, einer Ausgangsschnittstelle und dergleichen ausgestattet. Die ECU 80 empfängt über die Eingangsschnittstelle Signale, die vom Kurbelwinkelsensor 41, dem Nockenwinkelsensor 42a, dem Nockenwinkelsensor 42b, einem Wassertemperatursensor 43, dem Drosselklappenöffnungs-Sensor 54, dem Leerlaufschalter 55, dem Luftdurchsatz-Meßgerät 56 und so weiter ausgegeben werden, und die ECU 80 bestimmt aufgrund dieser Signale den Betriebszustand des Ottomotors 1.

[0055] Andererseits ist die Ausgangsschnittstelle über entsprechende Treiberschaltungen oder dergleichen mit der Einspritzvorrichtung 16, der Zündvorrichtung 46, dem OCV 63a, dem OCV 63b und so weiter verbunden. Die ECU 80 steuert die Einspritzvorrichtung 16, die Zündvorrichtung 46, das OCV 63a (d. h. den IN-VVT-Mechanismus 60a), das OCV 63b (d. h. den EX-VVT-Mechanismus 60b) und weitere Komponenten je nach Bedarf aufgrund der Signale, die von den jeweiligen Sensoren einschließlich der genannten Sensoren 41 bis 43, 54 bis 56 abgegeben werden, wobei sie die Steuerprogramme und Ausgangsdaten verwendet, die im ROM gespeichert sind.

[0056] Als nächstes wird ein Steuerungsverfahren für die Ventilsteuerzeiten, das vom Ventileinstellungs-Steuerungssystem der Ausführungsform durchgeführt wird, detailliert mit Bezug auf Fig. 2 bis 4 beschrieben. In dieser Ausführungsform wird eine Soll-Ventilsteuerzeit des Auslaßventils 18 anhand der aktuellen Ventilsteuerzeit des Einlaßventils 17 und einer Soll-Ventilüberschneidungsphase berechnet. Genauer wird ein Soll-Verdrehwinkel der auslaßseitigen Nockenwelle 32 auf der Grundlage der Soll-Ventilüberschneidungsphase, die gemäß dem Motorbetriebszustand bestimmt wurde, und dem aktuellen Verdrehwinkel der einlaßseitigen Nockenwelle 31 berechnet.

[0057] Hinweis: "Verdrehwinkel" bezeichnet hier einen Wert, der einen relativen Verdrehungsbetrag jeder Nockenwelle bezüglich des entsprechenden Stirnrads darstellt und der in einen Kurbelwinkel ( $^{\circ}$ KW) umgewandelt wird. In der vorliegenden Ausführungsform werden die aktuellen Verdrehwinkel der einlaßseitigen Nockenwelle 31 und der auslaßseitigen Nockenwelle 32 durch die ECU 80 auf der Grundlage der Signale, die von den Nockenwinkelsensoren 42a, 42b und dem Kurbelwinkelsensor 41 ausgegeben werden, berechnet. Der Verdrehwinkel der einlaßseitigen Nockenwelle 31 beträgt  $0^{\circ}$ KW, wenn die Steuerung des Einlaßventils 17 am stärksten zurückgestellt ist. Somit stellt der aktuelle Verdrehwinkel der einlaßseitigen Nockenwelle 31 einen Wert dar, der ausdrückt, um wieviel die Ventilsteuerzeit des Einlaßventils 17 im Vergleich zur am meisten zurückgestellten Steuerung voraus ist. Dagegen liegt der Verdrehwinkel der auslaßseitigen Nockenwelle 32 bei  $0^{\circ}$ KW, wenn die Steuerung des Auslaßventils 18 am stärksten vor gestellt ist. Somit stellt der aktuelle Verdrehwinkel der auslaßseitigen Nockenwelle 32 einen Wert dar, der ausdrückt, um wieviel die Ventilsteuerzeit des Auslaßventils 18 im Vergleich zur am stärksten vorgestellten Steuerung zurück liegt.

[0058] Als nächstes wird die Beziehung zwischen diesen Verdrehwinkel und der Ventil-Überschneidungsphase mit Bezug auf Fig. 2 beschrieben. In der Ausführungsform wird die Ventilüberschneidungsphase, die erhalten wird, wenn sowohl der Verdrehwinkel der einlaßseitigen Nockenwelle 31 als auch der Verdrehwinkel der auslaßseitigen Nocken-

welle 32 bei  $0^{\circ}$ KW liegt, als Ausgangswert OV<sub>0</sub> (d. h.  $-24^{\circ}$ KW in der vorliegenden Ausführungsform) bezeichnet. Übrigens beträgt die Ventilüberschneidungsphase, bei der das Einlaßventil 17 sich öffnet, wenn die Kurbelwelle 5 mit einem vorbestimmten Winkel rotiert,  $\theta$  C, nach dem Schließen des Auslaßventils 18  $-0^{\circ}$ C. Die Ventilüberschneidungsphase wird außerdem als Kurbelwinkel ( $^{\circ}$ KW) dargestellt. Wenn der aktuelle Verdrehwinkel der einlaßseitigen Nockenwelle 31 als INR bezeichnet wird, während der aktuelle Verdrehwinkel der auslaßseitigen Nockenwelle 32 als EXR bezeichnet wird, kann eine aktuelle Ventilüberschneidungsphase OVR, wie aus Fig. 2 ersichtlich, durch den nachstehenden Ausdruck (1) dargestellt werden:

$$15 \quad OVR = INR + EXR + OV_0 \quad (1)$$

[0059] Im Folgenden wird ein Verfahren, das in der vorliegenden Ausführungsform durchgeführt wird, wenn Soll-Ventilsteuerzeiten berechnet werden, mit Bezug auf das 20 Flußdiagramm von Fig. 3 beschrieben. Es ist darauf hinzuweisen, daß dieses Verfahren von der ECU 80 in vorbestimmten Zeitabständen als diskontinuierliche Steuerung durchgeführt wird.

[0060] Wenn das Verfahren beginnt, werden zunächst die 25 Motorgeschwindigkeit NE, die auf der Grundlage der Ausgangssignale vom Kurbelwinkelsensor 41 berechnet wurde, die Einlaßmenge Qa, die auf der Grundlage des Ausgangssignals vom Luftdurchsatz-Meßgerät 56 berechnet wurde, und der aktuelle Verdrehwinkel INR der einlaßseitigen Nockenwelle 31 ausgelesen (Schritt S110). Es ist darauf hinzuweisen, daß der aktuelle Verdrehwinkel INR den aktuellen Verdrehwinkel der einlaßseitigen Nockenwelle 31 darstellt, wie zuvor ausgeführt.

[0061] Dann wird der Teillastzustand L des Ottomotors 1 35 unter seinem gegenwärtigen Betriebszustand berechnet (Schritt S120). Der Teillastzustand L wird durch einen nachstehend angegebenen Ausdruck (2) berechnet:

$$L = Qa/Qwot \quad (2)$$

[0062] Es ist darauf hinzuweisen, daß "Qwot" ist hier eine 40 vorbestimmte Konstante, die die Einlaßmenge unter der Vollast darstellt.

[0063] Dann werden eine Soll-Ventilüberschneidungsphase OVP und ein Soll-Verdrehwinkel INP der einlaßseitigen Nockenwelle 31 aufgrund der Motorgeschwindigkeit NE und dem Teillastzustand L unter Verwendung eines oder mehrere Datensätze, die im ROM der ECU 80 gespeichert sind, bestimmt (Schritt S130).

[0064] Als nächstes wird der Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 durch einen nachstehend angegebenen Ausdruck (3) berechnet, wobei die festgestellte Soll-Ventilüberschneidungsphase OVP und der aktuelle Verdrehwinkel INR verwendet werden:

$$55 \quad EXP = OVP - (INR + OV_0) \quad (3)$$

[0065] Der Ausdruck (3) wird erhalten, wenn man den 60 Ausdruck (1) umformt, wobei man die aktuelle Ventilüberschneidungsphase OVR durch die Soll-Ventilüberschneidungsphase OVP ersetzt und den aktuellen Verdrehwinkel EXR der auslaßseitigen Nockenwelle 32 durch den Soll-Verdrehwinkel EXP ersetzt.

[0066] Anschließend werden die Prozesse der Schritte 65 S110 bis 140 in vorbestimmten Zeitabständen wiederholt durchgeführt. Dann wird der IN-VVT-Mechanismus 60a so gesteuert, daß der aktuelle Verdrehwinkel INR der einlaßseitigen Nockenwelle 31 mit dem Soll-Verdrehwinkel INP

übereinstimmt, der im oben beschriebenen Verfahren bestimmt wurde. Bei dieser Steuerung wird genauer der aktuelle Verdrehwinkel INR dadurch auf den Soll-Verdrehwinkel INP geregelt, daß man das Arbeits-Spannungsverhältnis des OCV 63a gemäß einer Abweichung zwischen dem aktuellen Verdrehwinkel INR und dem Soll-Verdrehwinkel INP einstellt. Gleichzeitig wird der EX-VVT-Mechanismus 60b auf die gleiche Weise gesteuert.

[0067] Als nächstes wird der Betrieb des Ventileinstellungs-Steuerungssystems der Ausführungsform entsprechend dem oben beschriebenen Soll-Ventilsteuerzeit-Berechnungsverfahren erläutert. Fig. 4a zeigt einen bestimmten Zustand der Ventilsteuerung, in dem die Ventil-Überschneidungsphase zwischen den Einlaß- und Auslaßventilen 17, 18 durch Rückstellen der Ventilsteuerzeit des Einlaßventils 17 bei gleichzeitiger Vorstellung der Ventilsteuerzeit des Auslaßventils 18 verringert wird. In den Fig. 4a und 4b stellt eine Linie L1 Änderungen der Schließzeit des Auslaßventils 18 (d. h. des Kurbelwinkels) entsprechend dem aktuellen Verdrehwinkel EXR dar, und zwar Änderungen der Schließzeit des Auslaßventils 18 entsprechend dem aktuellen Versatzwinkel EXR der auslaßseitigen Nockenwelle 32. Eine Linie L2 stellt Änderungen der Öffnungszeit des Einlaßventils 17 (d. h. des Kurbelwinkels) dar. Eine Linie L3 stellt Änderungen der Schließzeit des Auslaßventils 18 entsprechend dem Soll-Verdrehwinkel EXP dar, und zwar Änderungen der Schließzeit des Auslaßventils 18, die erreicht werden, wenn die Drehphase der auslaßseitigen Nockenwelle 32 mit dem Soll-Verdrehwinkel EXP übereinstimmt. Eine Linie L4 stellt Änderungen der Öffnungszeit des Einlaßventils 17 entsprechend dem Soll-Verdrehwinkel INP dar.

[0068] Hier wird angenommen, daß eine Anforderung für die Änderung der Ventilsteuerzeiten zu einem Zeitpunkt T gestellt wird, um die Ventilüberschneidungsphase zwischen den Ventilen 17, 18 zu verringern, und zwar durch eine Änderung der Ventilsteuerzeit des Einlaßventils 17 in Nachlaufrichtung bzw. eine Änderung der Ventilsteuerzeit des Auslaßventils 18 in Vorlaufrichtung. Dann wird ein Soll-Verdrehwinkel INP der einlaßseitigen Nockenwelle 31 so berechnet, daß er weiter in Nachlaufrichtung liegt als der aktuelle Verdrehwinkel INR, und die Soll-Ventilüberschneidungsphase OVP wird so berechnet, daß sie geringer wird als die gegenwärtige Phase.

[0069] Weiter wird der Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 auf der Grundlage der errechneten Ventilüberschneidungsphase OVP und des gegenwärtig aktuellen Verdrehwinkels INR der einlaßseitigen Nockenwelle 31 berechnet. Hier liegt der aktuelle Verdrehwinkel INR der einlaßseitigen Nockenwelle 31 weiter in Vorlaufrichtung als ihr Soll-Verdrehwinkel INP. Daher wird der Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 so berechnet, daß er weiter in Vorlaufrichtung liegt als der Soll-Verdrehwinkel INP der einlaßseitigen Nockenwelle 31 und ein Verdrehwinkel der auslaßseitigen Nockenwelle 32, der schließlich gemäß der Soll-Ventilüberschneidungsphase OVP angestrebt wird.

[0070] Anschließend werden der IN-VVT-Mechanismus 60a und der EX-VVT-Mechanismus 60b jeweils auf der Grundlage der wie oben berechneten Soll-Verdrehwinkel INP, EXP gesteuert, wobei die aktuellen Verdrehwinkel INR, EXR der jeweiligen Nockenwellen 31, 32 sich entsprechend zu ändern beginnen. Zu diesem Zeitpunkt wird der aktuelle Verdrehwinkel INR der einlaßseitigen Nockenwelle 31 in Nachlaufrichtung verändert, während der aktuelle Verdrehwinkel EXR der auslaßseitigen Nockenwelle 32 in Vorlaufrichtung verändert wird. Dann wird der Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 in Nachlaufrichtung verändert, während synchron der aktuelle Ver-

drehwinkel INR der einlaßseitigen Nockenwelle 31 in Nachlaufrichtung verändert wird. Das heißt, auch nachdem der aktuelle Verdrehwinkel EXR der auslaßseitigen Nockenwelle 32 den Soll-Verdrehwinkel EXP erreicht hat, ändert sich die Phase der auslaßseitigen Nockenwelle 32 weiterhin, solange die Phase der einlaßseitigen Nockenwelle 31 sich ändert.

[0071] Auf diese Weise wird die Phase der auslaßseitigen Nockenwelle 32 so lange in Vorlaufrichtung verändert, bis der aktuelle Verdrehwinkel EXR den Soll-Verdrehwinkel EXP zum Zeitpunkt T1 erreicht. Somit wird die erforderliche Ventilüberschneidungsphase erreicht, bevor die Phasenänderung der einlaßseitigen Nockenwelle 31 endet.

[0072] Anschließend wird der aktuelle Verdrehwinkel INR der einlaßseitigen Nockenwelle 31 weiter in Richtung in Nachlaufrichtung verändert, bis der aktuelle Verdrehwinkel 31 den Soll-Verdrehwinkel INP zum Zeitpunkt T2 erreicht. Während dieser Änderung des aktuellen Verdrehwinkels INR wird der Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 ebenfalls in Nachlaufrichtung verändert, synchron zur Änderung des aktuellen Verdrehwinkels INR in Nachlaufrichtung, wodurch die erforderliche Ventilüberschneidungsphase kontinuierlich beibehalten wird.

[0073] Fig. 4b zeigt einen anderen Zustand der Ventilsteuerung, wo die Ventilüberschneidungsphase durch Änderung der Ventilsteuerzeit des Einlaßventils 17 in Vorlaufrichtung vergrößert wird, während die Ventilsteuzeit des Auslaßventils 18 in Nachlaufrichtung verändert wird. Hier zeigt Fig. 4b den Fall, daß eine Änderung der Ventilsteuerzeit zum Zeitpunkt T angefordert wird, um die Ventilüberschneidungsphase zwischen den Einlaß- und Auslaßventilen 17, 18 durch Ändern der Ventilsteuerzeit des Einlaßventils 17 in Vorlaufrichtung zu vergrößern, während das Auslaßventil 18 in Nachlaufrichtung verändert wird. In diesem Fall wird zunächst der Soll-Verdrehwinkel INP der einlaßseitigen Nockenwelle 31 so berechnet, daß er weiter in Vorlaufrichtung verändert wird als der aktuelle Verdrehwinkel INR, und die Soll-Ventilüberschneidungsphase OVP wird gemäß dem oben beschriebenen Rechenverfahren so berechnet, daß sie größer wird als die gegenwärtige Phase.

[0074] Weiter wird der Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 auf der Grundlage der errechneten Soll-Ventilüberschneidungsphase OVP und des gegenwärtig aktuellen Verdrehwinkels INR der einlaßseitigen Nockenwelle 31 berechnet. Hier liegt der aktuelle Verdrehwinkel INR der einlaßseitigen Nockenwelle 31 weiter in Nachlaufrichtung als ihr Soll-Verdrehwinkel INP. Darum wird der Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 so berechnet, daß er mehr in Nachlaufrichtung verändert wird als der Verdrehwinkel der auslaßseitigen Nockenwelle 32, der schließlich in Übereinstimmung mit dem Verdrehwinkel INP der einlaßseitigen Nockenwelle 31 und der Soll-Überschneidungsphase OVP angestrebt wird.

[0075] Anschließend werden der IN-VVT-Mechanismus 60a und der EX-VVT-Mechanismus 60b jeweils auf der Grundlage der Soll-Verdrehwinkel INP, EXP wie oben berechnet, wobei die aktuellen Verdrehwinkel INR, EXR der Nockenwellen 31, 32 sich entsprechend zu ändern beginnen.

Gleichzeitig wird der aktuelle Verdrehwinkel INR der einlaßseitigen Nockenwelle 31 in Vorlaufrichtung verändert, während der aktuelle Verdrehwinkel EXR der auslaßseitigen Nockenwelle 32 in Nachlaufrichtung verändert wird. Dann wird der Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 in Vorlaufrichtung verändert, synchron mit dem aktuellen Verdrehwinkel INR der einlaßseitigen Nockenwelle 31, der in Vorlaufrichtung verändert wird. Das heißt, auch nachdem der aktuelle Verdrehwinkel EXR der auslaßseitigen Nockenwelle 32 den Soll-Verdrehwinkel EXP er-

reicht hat, ändert sich die Phase der auslaßseitigen Nockenwelle 32, solange sich die Phase der einlaßseitigen Nockenwelle 31 weiter verändert. Auf diese Weise wird die Phase der auslaßseitigen Nockenwelle 32 weiterhin in Nachlaufrichtung verändert, bis der aktuelle Verdrehwinkel EXP zum Zeitpunkt T1 erreicht. Somit wird die erforderliche Ventilüberschneidungsphase erreicht, bevor die Phasenänderung der einlaßseitigen Nockenwelle 31 endet.

[0076] Danach wird der aktuelle Verdrehwinkel INR der einlaßseitigen Nockenwelle 31 weiter in Vorlaufrichtung verändert, bis der aktuelle Verdrehwinkel INR den Soll-Verdrehwinkel INP zum Zeitpunkt T2 erreicht. Während dieser Veränderung des aktuellen Verdrehwinkels INR wird der Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 ebenfalls in Vorlaufrichtung verändert, synchron mit der Änderung des aktuellen Verdrehwinkels INR in Vorlaufrichtung, wodurch die erforderliche Ventilüberschneidungsphase kontinuierlich beibehalten wird.

[0077] Durch Berechnen der Soll-Ventilsteuerzeiten gemäß dem oben beschriebenen Verfahren ist es möglich, eine erforderliche Ventilüberschneidungsphase zu erreichen, noch bevor die Änderung der Ventilsteuerzeit des Einlaßventils 17 beendet ist.

[0078] Außerdem wird gemäß dem oben beschriebenen Verfahren der Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 immer auf einen Verdrehwinkel eingestellt, mit dem eine erforderliche Ventilüberschneidungsphase bezüglich des gegenwärtigen Verdrehwinkels der einlaßseitigen Nockenwelle 31 erreicht wird. Somit wird während der Phasenänderungen der Nockenwellen 31, 32 die Ventilüberschneidungsphase immer so verändert, daß sie sich der Soll-Ventilüberschneidungsphase annähert.

[0079] Infolgedessen können die folgenden Wirkungen und Vorteile mit dem Ventileinstellungs-Steuerungssystem der Ausführungsform erhalten werden.

(1) Wie oben beschrieben, wird der Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 aus der Soll-Ventilüberschneidungsphase OVP, die auf der Grundlage des Motorbetriebszustands und des aktuellen Verdrehwinkels INR der einlaßseitigen Nockenwelle 31 bestimmt wird, berechnet. Mit dieser Anordnung ist es möglich, eine erforderliche Ventilüberschneidungsphase zu erreichen, bevor die Phasenänderung sowohl der einlaßseitigen Nockenwelle 31 als auch der auslaßseitigen Nockenwelle 32 endet, was eine schnellere Anpassung der Ventilüberschneidungsphase ermöglicht.

(2) Darüber hinaus wird während der Phasenänderungen die Ventilüberschneidungsphase immer so verändert, daß sie sich der Ziel-Ventilüberschneidungsphase annähert. Darum wird eine unerwünschte Vergrößerung oder Verringerung der Ventilüberschneidungsphase verhindert, die ansonsten während der Änderung der Ventilsteuerzeit bewirkt werden könnte, wodurch der Motorbetriebszustand auf günstigere Weise gesteuert werden kann, wenn die Ventilsteuerzeiten verändert werden.

#### Zweite Ausführungsform

[0080] Wenn die Soll-Ventilsteuerzeiten berechnet werden, wird gemäß der oben beschriebenen ersten Ausführungsform der Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 jedesmal geändert, wenn der aktuelle Verdrehwinkel INR der einlaßseitigen Nockenwelle 31 sich ändert. Darum endet im oben beschriebenen Berechnungsver-

fahren, obwohl die Einstellung der Ventilüberschneidungsphase während der Phasenänderungen schneller durchgeführt werden kann, die Phasenänderung der auslaßseitigen Nockenwelle 32 nicht, bevor die Phasenänderung der einlaßseitigen Nockenwelle 31 endet, so daß es zu einer Verzögerung der Änderung der Ventilsteuerzeit der auslaßseitigen Nockenwelle 32 kommt.

[0081] Beeinflussungen des Motorbetriebszustands durch Ventilsteuerzeiten können grob eingeteilt werden in solche,

die aus der Ventilüberschneidungsphase entstehen, und solche, die sich aus den eigentlichen Ventilsteuerzeiten ergeben, d. h. aus den jeweiligen Steuerungen für das Öffnen und Schließen der Einlaß- und Auslaßventile. Beispielsweise ist die Ventilüberschneidungsphase ein dominanter

Faktor für die Bestimmung des internen EGR-Umfangs für jeden Zylinder, während die Steuerungen für das Öffnen und Schließen der Ventile ein dominanter Faktor für die Bestimmung des Gasfüllungs-Wirkungsgrads jedes Zylinders darstellen (d. h. den Wirkungsgrad der Gasbeschickung für jeden Zylinder) und dergleichen. Beispielsweise wird, falls der Zeitpunkt der Öffnung des Einlaßventils verzögert wird, wenn der Motor mit hoher Motorgeschwindigkeit unter hoher Last läuft, der Gasfüllungs-Wirkungsgrad aufgrund der Trägheitskraft der Einlaßluft (Gas) verbessert. Darüber hinaus kann der Gasfüllungs-Wirkungsgrad verbessert werden, wenn der Druck in der Auslaßöffnung durch geeignetes Einstellen der Steuerung für das Öffnen und Schließen des Auslaßventils und des Auslaßsystems unter den Druck in der Einlaßöffnung gesenkt wird. Wenn daher die Ventilsteuerzeiten während dieses speziellen Motorbetriebszustands verändert werden, kann der Motorbetriebszustand wirksamer verbessert werden, wenn eine endgültige Soll-Ventilsteuerzeit erreicht wird, als wenn eine Soll-Ventilüberschneidungsphase erreicht wird.

[0082] In der zweiten Ausführungsform werden daher ein erster Algorithmus, der einem ersten Sollwert-Berechnungsmittel entspricht, und ein zweiter Algorithmus, der einem zweiten Sollwert-Berechnungsmittel entspricht, also zwei Algorithmen verwendet, um den Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 zu berechnen. Diese beiden Algorithmen werden selektiv gemäß dem Motorbetriebszustand gewählt.

[0083] Der erste Algorithmus ist so formuliert, daß der Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 auf der Grundlage der Soll-Ventilüberschneidungsphase OVP und des aktuellen Verdrehwinkels INR der einlaßseitigen Nockenwelle 31 berechnet wird, wie in der ersten Ausführungsform. Das heißt, gemäß diesem Algorithmus wird die Soll-Ventilsteuerzeit des Auslaßventils 18 so eingestellt,

daß sie eine erforderliche Ventilüberschneidungsphase mit Bezug auf die gegenwärtige Ventilsteuerzeit des Einlaßventils 17 erreicht.

[0084] Andererseits wird der zweite Algorithmus so formuliert, daß der Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 auf der Grundlage der Soll-Ventilüberschneidungsphase OVP und des Soll-Verdrehwinkels INP der einlaßseitigen Nockenwelle 31 berechnet wird. Das heißt, gemäß diesem Algorithmus wird eine Ventilsteuerzeit des Auslaßventils 18, die letztendlich anzustreben ist, nämlich die für den Motorbetriebszustand am besten geeignete Ventilsteuerzeit, von Anfang an als Soll-Ventilsteuerzeit eingestellt.

[0085] Im Folgenden wird ein Verfahren, daß in der vorliegenden Ausführungsform durchgeführt wird, wenn die Soll-Ventilsteuerzeiten berechnet werden, detailliert mit Bezug auf das Fließdiagramm von Fig. 5 beschrieben. Es ist darauf hinzuweisen, daß dieses Verfahren von der ECU 80 in vorbestimmten Zeitabständen als diskontinuierliche

Steuerung durchgeführt wird.

[0086] Zu Beginn des Verfahrens werden zunächst die Motorgeschwindigkeit NE, berechnet auf der Grundlage des Ausgangsignals des Kurbelwellensensors 41, die Einlaßmenge Qa, berechnet auf der Grundlage des Ausgangsignals des Luftdurchsatz-Meßgeräts 56, der aktuelle Verdrehwinkel INR der einlaßseitigen Nockenwelle 31 und der aktuelle Verdrehwinkel EXR der auslaßseitigen Nockenwelle 32 ausgelesen (Schritt S210). Es ist darauf hinzuweisen, daß der aktuelle Verdrehwinkel den aktuellen Verdrehwinkel der auslaßseitigen Nockenwelle 32 darstellt, wie oben ausgeführt, entsprechendes gilt für den aktuellen Verdrehwinkel INR.

[0087] Als nächstes wird der Teillastzustand L des Ottomotors 1 in seinem gegenwärtigen Betriebszustand berechnet (Schritt S220). Hier wird der Teillastzustand L durch den oben angegebenen Ausdruck (2) berechnet. Anschließend werden die Soll-Ventilüberschneidungsphase OVP und der Soll-Verdrehwinkel INP der einlaßseitigen Nockenwelle 31 auf der Grundlage der Motorgeschwindigkeit NE und des Teillastzustands L unter Verwendung eines oder mehrerer Datensätze berechnet, die im ROM der ECU 80 gespeichert sind (Schritt S230).

[0088] Als nächstes wird die aktuelle Ventilüberschneidungsphase OVR durch den oben angegebenen Ausdruck (1) unter Verwendung des aktuellen Verdrehwinkels INR der einlaßseitigen Nockenwelle 31 und des aktuellen Verdrehwinkels EXR der auslaßseitigen Nockenwelle 32 berechnet (Schritt S240).

[0089] Dann wird eine Ventilüberschneidungsphasen-Abweichung  $\Delta OV$ , die eine Abweichung zwischen der aktuellen Ventilüberschneidungsphase OVR und der Soll-Ventilüberschneidungsphase OVP darstellt, durch einen Ausdruck (4) berechnet, der nachstehen angegeben ist (Schritt S250).

$$\Delta OV = OVR - OVP \quad (4)$$

[0090] Wenn die Ventilüberschneidungsphase als Antwort auf Veränderungen des Motorbetriebszustands verringert wird, wird die Soll-Ventilüberschneidungsphase OVP geringer als die aktuelle Ventil-Überschneidungsphase OVR, so daß die Ventilüberschneidungsphasen-Abweichung  $\Delta OV$  positiv wird. Wenn die Ventilüberschneidungsphase dagegen vergrößert wird, wird die Soll-Ventilüberschneidungsphase OVP größer als die aktuelle Ventilüberschneidungsphase OVR, so daß die Ventilüberschneidungsphasen-Abweichung  $\Delta OV$  negativ wird. Das heißt, aus der Ventilüberschneidungsphasen-Abweichung  $\Delta OV$  kann ebenso wie aus dem Unterschied zwischen der Soll-Ventilüberschneidungsphase OVP und der aktuellen Ventilüberschneidungsphase OVR die Richtung, in die sich die Ventilüberschneidungsphase verändert, festgelegt werden, und zwar durch die Bestimmung, ob die Ventilüberschneidungsphasen-Abweichung  $\Delta OV$  ein positives oder negatives Vorzeichen (d. h. + oder -) aufweist.

[0091] Als nächstes wird bestimmt, ob die Ventilüberschneidungsphasen-Abweichung  $\Delta OV$  gleich oder größer ist als ein Bezugswert  $\alpha$  (Schritt S260);

$$\Delta OV \geq \text{Bezugswert } \alpha \quad (5)$$

[0092] In der Ausführungsform ist der Bezugswert  $\alpha$  auf  $-2(^{\circ}\text{KW})$  gesetzt.

[0093] Wenn bestimmt wird, daß die Ventilüberschneidungsphase  $\Delta OV$  gleich oder größer ist als der Bezugswert  $\alpha$  (Schritt S260: JA), bedeutet dies, daß die Ventilüberschneidungsphasen-Abweichung  $\Delta OV$  positiv ist und die Ventilüberschneidungsphase verringert wird oder daß die Vergrö-

ßerung der Ventilüberschneidungsphase gleich oder kleiner als  $-2(^{\circ}\text{KW})$  ist. In diesem Fall wird der Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 auf der Grundlage der Soll-Ventilüberschneidungsphase OVP berechnet, und

5 der aktuelle Verdrehwinkel INR der einlaßseitigen Nockenwelle 31 wird durch den oben in der ersten Ausführungsform angegebenen Ausdruck (3) berechnet (Schritt S270).

[0094] Wenn dagegen bestimmt wird, daß die Ventilüberschneidungsphasen-Abweichung  $\Delta OV$  kleiner ist als der Bezugswert  $\alpha$  (Schritt S260: NEIN), bedeutet dies, daß die Ventilüberschneidungsphasen-Abweichung  $\Delta OV$  einen großen negativen Wert aufweist und daß die Ventilüberschneidungsphase vergrößert wird. In diesem Fall wird der Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 auf

15 der Grundlage der Soll-Ventilüberlappungsphase OVP und des Soll-Verdrehwinkels INP der einlaßseitigen Nockenwelle 31 durch den oben angegebenen Ausdruck (6) berechnet (Schritt S280);

$$20 \quad EXP = OVP - (INP + OV_0) \quad (6)$$

[0095] Es ist darauf hinzuweisen, daß der Anfangswert "OV<sub>0</sub>" der gleiche ist wie der oben in der ersten Ausführungsform angegebene. Der Ausdruck (6) wird erhalten,

25 wenn man den aktuellen Verdrehwinkel INR durch den Soll-Verdrehwinkel INP im weiter oben angegebenen Ausdruck (3) ersetzt.

[0096] Danach werden die Prozesse der Schritte S210 bis 280 in vorbestimmten Zeitabständen wiederholt durchge-

30 führt, und die jeweiligen VVL-Mechanismen 60a, 60b werden wie in der ersten Ausführungsform jeweils so gesteuert, daß die aktuellen Verdrehwinkel INR, EXR der Nockenwellen 31, 32 mit den Soll-Verdrehwinkeln INP, EXP, die im oben beschriebenen Verfahren bestimmt wurden, übereinstimmt.

[0097] Weiterhin werden, wenn die Ventilüberschneidungsphase durch das Ventileinstellungs-Steuerungssystem der Ausführungsform verringert wird, oder wenn die Vergrößerung der Ventilüberschneidungsphase gleich oder kleiner als  $2(^{\circ}\text{KW})$  ist, die Ventilsteuzeit jedes Ventils und die Ventilüberschneidungsphase auf die gleiche Weise verändert wie in Fig. 4a dargestellt, so daß die erforderliche Ventilüberschneidungsphase umgehend erreicht wird, und zwar noch während die Phasen der Nockenwellen 31, 32 sich ändern. Beispielsweise wird in dem Fall, wo die Ventilüberschneidungsphase reduziert werden muß, nachdem die Last des Ottomotors 1 gering geworden ist, umgehend eine Soll-Ventilüberschneidungsphase, die dieser geringen Last entspricht, erreicht, während sich die Phasen der Nockenwellen 31, 32 ändern.

[0098] Somit wird die Ventilüberschneidungsphase während der Phasenänderung der Nockenwellen 31, 32 nicht zu groß, wodurch Fehlzündungen oder dergleichen, wie sie ansonsten aufgrund einer instabilen Kraftstoffverbrennung verursacht werden könnten, verhindert oder unterdrückt werden können. Auf eine Vergrößerung der Ventilüberschneidungsphase hin und falls die Zunahme gleich oder kleiner ist als  $2(^{\circ}\text{KW})$ , erhält außerdem in der zweiten Ausführungsform die Erreichung der Soll-Ventilüberschnei-

60 dungsphase während der Phasenänderungen Priorität. Der Grund dafür ist, daß bei einer so geringen Zunahme der Ventilüberschneidungsphase nicht mit einem wesentlichen Anstieg der Motorleistung zu rechnen ist, wenn das Erreichen einer Soll-Ventilsteuzeit des Auslaßventils 18 Priorität erhält. In einem solchen Fall erhält daher nicht der Erhöhung der Motorleistung, sondern die Verhinderung oder Unterdrückung von Problemen Priorität, welche ansonsten durch eine unangemessene Verringerung der Ventilüberschnei-

65

dungsphase während der Phasenveränderungen hervorgerufen werden könnten.

[0099] Wenn die Ventilüberschneidungsphase durch das Ventileinstellungs-Steuerungssystem der zweiten Ausführungsform vergrößert wird, ändern sich die Ventilsteuzeiten der jeweiligen Ventile und die Ventilüberschneidungsphase wie in Fig. 6 dargestellt. Die Linien L1 bis L4 von Fig. 6 sind die gleichen wie diejenigen in Fig. 4. Gemäß dem zweiten Algorithmus in der zweiten Ausführungsform wird, wie im Fall des Soll-Verdrehwinkels INP der einlaßseitigen Nockenwelle 31, der Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 auf einen Verdrehwinkel eingestellt, der erreicht wird, wenn die Phase sich entsprechend dem Ende des gegenwärtigen Motorbetriebszustands ändert. Mit dieser Anordnung kann, wie aus einem Vergleich zwischen der Linie L1 von Fig. 6 und der von Fig. 4 hervorgeht, die Phase der auslaßseitigen Nockenwelle 32 schneller auf den Verdrehwinkel gebracht werden, der erreicht werden soll, wenn die Phase sich entsprechend dem Ende des gegenwärtigen Motorbetriebszustands ändert, daher kann umgehend eine geeignete Steuerzeit des Auslaßventils 18 entsprechend den Änderungen des Motorbetriebszustands erreicht werden. Das heißt, in diesem Verfahren erhält das Erreichen der Soll-Ventilsteuzeit des Auslaßventils 18 während der Phasenänderungen der Nockenwellen 31, 32 Priorität gegenüber dem Erreichen der Ventilüberschneidungsphase. Beispielsweise wird, wenn die Motorleistung erhöht werden soll, nachdem die Last des Ottomotors 1 groß geworden ist, umgehend die Ventilsteuzeit des Auslaßventils 18 festgelegt, die am besten geeignet ist, den Druck in der Auslaßöffnung 13 unter denjenigen in der Einlaßöffnung 12 zu senken, wodurch der Gasfüllungs-Wirkungsgrad jedes Zylinders verbessert wird.

[0100] Infolgedessen können mit dem Ventileinstellungs-Steuerungssystem gemäß der zweiten Ausführungsform die folgenden Wirkungen und Vorteile erzielt werden.

[0101] Für das Berechnungsmittel zum Berechnen des Soll-Verdrehwinkels EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 wird gemäß dem Motorbetriebszustand zwischen zwei Berechnungsmitteln umgeschaltet, genauer gemäß der Richtung, in der vom Motorbetriebszustand eine Änderung der Ventilüberschneidungsphase gefordert wird. Somit kann der Motorbetriebszustand während der Änderung der Ventilsteuzeiten auf günstigere Weise gesteuert werden.

#### Weitere Ausführungsformen

[0102] Im folgenden werden Beispiele für Modifizierungen der ersten und zweiten Ausführungsformen beschrieben. Hinweis: es können Wirkungen und Vorteile erreicht werden, die gleich oder gleichwertig sind wie die in den obigen Ausführungsformen, wenn diese auf folgende Weise modifiziert werden.

[0103] Zunächst kann die erste Ausführungsform so modifiziert werden, daß der Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 auf der Grundlage des Motorbetriebszustands bestimmt wird, und der Soll-Verdrehwinkel INP der einlaßseitigen Nockenwelle 31 auf der Grundlage der Soll-Ventilüberschneidungsphase OVP und des aktuellen Verdrehwinkels EXR der auslaßseitigen Nockenwelle 32 berechnet wird. Ebenso kann die zweite Ausführungsform so modifiziert werden, daß der Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 auf der Grundlage des Motorbetriebszustands bestimmt wird, und der Soll-Verdrehwinkel INP der einlaßseitigen Nockenwelle 31 auf der Grundlage der Soll-Ventilüberschneidungsphase OVP und des Soll-Verdrehwinkels EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 berechnet wird. Auch in diesen Fällen können Wirkungen und Vorteile erzielt werden, welche gleich oder gleichwertig sind wie diejenigen der jeweiligen Ausführungsformen.

[0104] Ebenso können, obwohl in den obigen Ausführungsformen die Verdrehwinkel als Parameter zur Erfassung der Ventilsteuzeiten der Einlaß- und Auslaßventile 17, 18 verwendet werden, auch andere Parameter, die diese Ventilsteuzeiten darstellen, verwendet werden.

[0105] Ebenso ist, obwohl in der zweiten Ausführungsform der Bezugswert  $\alpha$  auf  $-2^\circ\text{KW}$  gesetzt wird, der Bezugswert  $\alpha$  nicht auf  $-2^\circ\text{KW}$  beschränkt, sondern kann so gesetzt werden, wie es für die Ermöglichung einer passenden Umschaltung für das Berechnungsmittel zwischen dem ersten und zweiten Berechnungsmittel gemäß dem Motorbetriebszustand erforderlich ist.

[0106] Die zweite Ausführungsform kann auch so modifiziert werden, daß der Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 vom ersten Algorithmus berechnet wird, wenn die Ventilüberschneidungsphasen-Abweichung  $\Delta OV$  kleiner ist als der Bezugswert  $\alpha$ , und vom zweiten Algorithmus berechnet wird, wenn die Ventilüberschneidungsphasen-Abweichung  $\Delta OV$  gleich oder größer ist als der Bezugswert  $\alpha$ . Mit dieser Anordnung kann während der Vergrößerung der Ventilüberschneidungsphase die Soll-Ventilüberschneidungsphase erreicht werden, während die Phase verändert wird, so daß der interne EGR-Umfang beispielsweise umgehend steigt, wodurch NOx umgehend entfernt werden kann. Während der Verringerung der Ventilüberschneidungsphase kann dagegen umgehend eine Soll-Ventilsteuering erreicht werden.

[0107] Die zweite Ausführungsform kann auch so modifiziert werden, daß der Soll-Verdrehwinkel EXP der auslaßseitigen Nockenwelle 32 vom ersten Algorithmus berechnet wird, wenn der Motor in einem Drehzahlbereich läuft, wo er stark von der Ventilüberschneidungsphase beeinflußt wird, und vom zweiten Berechnungs-Algorithmus berechnet wird, wenn der Motor in einem anderen Drehzahlbereich läuft, wo er stark von der Öffnungs/Schließungs-Steuzeit jedes Ventils beeinflußt wird. Mit dieser Anordnung können die Phasen der einlaßseitigen Nockenwelle 31 und der auslaßseitigen Nockenwelle 32 so verändert werden, wie es für den Motorbetriebszustand am besten geeignet ist.

[0108] In den oben aufgeführten Ausführungsformen ist die "Ventileinstellung", die vom Ventileinstellungs-Steuerungssystem verändert werden soll, die zeitliche Steuerung für das Öffnen und Schließen der Einlaß- und Auslaßventile. Die Anwendung eines erfundungsgemäßen Ventileinstellungs-Steuerungssystems ist jedoch nicht auf solche Ventileinstellungs-Steuerungssysteme beschränkt, sondern kann beispielsweise als Ventileinstellungs-Steuerungssystem des Typs konstruiert sein, der den Ventilhub und die zeitliche Steuerung für das Öffnen und Schließen der Ventile steuert. Auch wenn das Ventileinstellungs-Steuerungssystem dem Typ entspricht, der lediglich den Ventilhub der Ventile ändert und der nicht die zeitliche Steuerung für das Öffnen und Schließen der Ventile ändert, verändert sich der interne EGR-Umfang, wenn sich der Ventilhub verändert, und daher besteht die Möglichkeit, daß die oben genannten Probleme entstehen. In einem solchen Fall können ebenfalls Wirkungen und Vorteile erzielt werden, die denen der oben beschriebenen Ausführungsformen gleich oder gleichwertig sind, wenn man Steuerungen durchführt, die denen der vorliegenden Ausführungsformen entsprechen, wobei ein Parameter verwendet wird, der eine bestimmte Ventileinstellung darstellt, wie die Bestimmung einer Ventilüberschneidungsphase anhand des Ventilhubs und der zeitlichen Steuerung des Öffnens und Schließens der Ventile.

[0109] In den ersten und zweiten Ausführungsformen

wird das Ventileinstellungs-Steuerungssystem der Erfahrung auf einen Ottomotor 1 angewendet. Das Ventileinstellungs-Steuerungssystem gemäß den jeweiligen Ausführungsformen muß jedoch nicht unbedingt auf einen Ottomotor 1 angewendet werden. Das heißt, es kann ebenso auf andere Verbrennungsmotoren unterschiedlichen Konstruktion angewendet werden, welche jeweils variable Ventilantriebsmechanismen für die Änderung von Ventileinstellungen sowohl der Einlaß- als auch der Auslaßventile aufweisen. In einem solchen Fall ist es ebenfalls möglich, Wirkungen und Vorteile zu erzielen, die gleich oder gleichwertig sind wie diejenigen in den oben beschriebenen Ausführungsformen. [0110] Weiterhin werden im folgenden technische Entwürfe, die von den obigen Ausführungsformen und Modifikationsbeispielen abgeleitet sind, mit Bezug auf die Wirkungen und Vorteile beschrieben, die mit diesen Entwürfen erhalten werden können.

[0111] (i) Ein Ventileinstellungs-Steuerungssystem für einen Verbrennungsmotor, das einen ersten variablen Ventilantriebsmechanismus zur Änderung der Ventilsteuzeiten eines der Einlaß- und Auslaßventile umfaßt, sowie einen zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus zur Änderung der Steuerzeit des jeweils anderen der Einlaß- und Auslaßventile, wobei das Ventileinstellungs-Steuerungssystem die Aufgabe hat, eine Soll-Ventilsteuzeit für jeden variablen Ventilantriebsmechanismus zu berechnen und den Betrieb jedes variablen Ventilantriebsmechanismus so zu steuern, daß seine aktuelle Ventilsteuzeit mit der Soll-Ventilsteuzeit übereinstimmt, wobei:

eine für den Motorbetriebszustand geeignete Ventilsteuzeit eines der Einlaß- und Auslaßventile als Soll-Ventilsteuzeit des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus berechnet wird;

eine Soll-Ventilüberschneidungsphase gemäß dem Motorbetriebszustand berechnet wird;

ein erstes Sollwert-Berechnungsmittel vorgesehen ist, das eine Soll-Ventilsteuzeit des zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus auf der Grundlage einer aktuellen Ventilsteuzeit des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus und der Soll-Ventilüberschneidungsphase berechnet;

ein zweites Sollwert-Berechnungsmittel vorgesehen ist, das die Ventilsteuzeiten des ersten und zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus berechnet, welche erforderlich sind, um jeweils die für den Motorbetriebszustand geeignete Steuerzeit der Ventile als Soll-Steuerbeträge des ersten und zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus zu erhalten; und

die Soll-Steuerzeiten der Ventile vom ersten Berechnungsmittel berechnet werden, wenn der Motorbetriebszustand eine Vergrößerung der Soll-Ventilüberschneidungsphase gegenüber der gegenwärtigen Ventilüberschneidungsphase erfordert; und

die Soll-Steuerzeiten der Ventile vom zweiten Berechnungsmittel berechnet werden, wenn der Motorbetriebszustand eine Verringerung der Soll-Ventilüberschneidungsphase gegenüber der gegenwärtigen Ventilüberschneidungsphase erfordert.

[0112] Gemäß dieser Konstruktion kann auf eine Vergrößerung der Ventilüberschneidungsphase hin eine benötigte Ventilüberschneidungsphase noch während der Phasenänderung erreicht werden.

[0113] Gemäß dieser Konstruktion kann weiterhin auf eine Verringerung der Ventilüberschneidungsphase hin umgehend eine benötigte Ventilüberschneidungsphase erreicht werden.

[0114] (ii) Ein Ventileinstellungs-Steuerungssystem für einen Verbrennungsmotor, das einen ersten variablen Ventilantriebsmechanismus zur Änderung der Ventileinstellung

eines der Einlaß- und Auslaßventile sowie einen zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus zur Änderung der Ventileinstellung des jeweils anderen der Einlaß- und Auslaßventile umfaßt, wobei das Ventileinstellungs-Steuerungssystem die Aufgabe hat, einen Soll-Steuerbetrag für jeden variablen Ventilantriebsmechanismus zu berechnen und den Betrieb jedes variablen Ventilantriebsmechanismus so zu steuern, daß sein aktueller Steuerbetrag mit dem Soll-Steuerbetrag übereinstimmt, wobei:

10 eine für den Motorbetriebszustand geeignete Ventilsteuzeit eines der Einlaß- und Auslaßventile als Soll-Ventilsteuzeit des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus berechnet wird;

eine Soll-Ventilüberschneidungsphase gemäß dem Motor-

15 betriebszustand berechnet wird; ein erstes Sollwert-Berechnungsmittel vorgesehen ist, das eine Soll-Ventilsteuzeit des zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus auf der Grundlage der aktuellen Ventilsteuzeit des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus

20 und der Soll-Ventilüberschneidungsphase berechnet; ein zweites Sollwert-Berechnungsmittel vorgesehen ist, das jeweils die für den Motorbetriebszustand geeigneten Steuerzeiten der Ventile als Soll-Steuerbeträge des ersten und zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus berechnet; und

25 die Soll-Steuerzeiten der Ventile vom ersten Berechnungsmittel berechnet werden, wenn der Motor in einem Drehzahlbereich läuft, wo er stark von der Ventilüberschneidungsphase beeinflusst werden kann; und

30 die Soll-Steuerzeiten der Ventile vom zweiten Berechnungsmittel berechnet werden, wenn der Motor in einem anderen Drehzahlbereich läuft, wo er stark von der Öffnungs/Schließungs-Steuerzeit jedes Ventils beeinflußt werden kann.

[0115] Gemäß dieser Konstruktion kann, wenn der Motor

35 in einem Drehzahlbereich läuft, wo er stark von der Ventilüberschneidungsphase beeinflußt werden kann, eine erforderliche Ventilüberschneidungsphase noch während der Phasenänderung erreicht werden. Dagegen kann, wenn der Motor in einem Drehzahlbereich läuft, wo er stark durch die

40 zeitliche Steuerung für das Öffnen und Schließen jedes Ventils beeinflußt wird, rasch eine für den Motorbetriebszustand geeignete zeitliche Steuerung für das Öffnen und Schließen jedes Ventils erreicht werden. Somit werden die Ventilsteuzeiten der Einlaß- und Auslaßventile auf für den Motorbetriebszustand geeignete Weise verändert, so daß ein geeigneter Motorbetriebszustand während der Änderung der Ventilsteuzeiten beibehalten werden kann.

[0116] Ebenso werden ein Ventileinstellungs-Steuerungssystem und -verfahren für einen Verbrennungsmotor bereitgestellt, das eine Soll-Ventilüberschneidungsphase (OVP)

45 auf der Grundlage der Motorgeschwindigkeit (NE) und des Teillastzustands (L) des Verbrennungsmotors bestimmt, und das einen Soll-Verdrehwinkel (EXP) der auslaßseitigen Nockenwelle auf der Grundlage der Soll-Ventilüberschneidungsphase (OVP) und des aktuellen Verdrehwinkels (INR)

55 der einlaßseitigen Nockenwelle berechnet, so daß ein geeigneter Motorbetriebszustand während der Änderungen der Ventileinstellungen beibehalten wird.

60

#### Patentansprüche.

1. Ventileinstellungs-Steuerungssystem für einen Verbrennungsmotor (1), welches einen ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) zum Ändern der Ventileinstellung entweder eines Einlaßventils (17) oder eines Auslaßventils (18) sowie einen zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus (60b, 60a) zum Ändern der Ventileinstellung des jeweils anderen der Ein-

65

laß- (17) oder Auslaßventile (18) umfaßt, wobei das Ventileinstellungs-Steuerungssystem die Aufgabe hat, einen Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) für jeden variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) zu berechnen und den Betrieb jedes variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) so zu steuern, daß dessen aktueller Steuerungsbetrag (INR, EXR) mit dem Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) des Ventileinstellungs-Steuerungssystems übereinstimmt, dadurch gekennzeichnet, daß:

ein Steuerungsbetrag für den ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b), der erforderlich ist, um eine für einen Motorbetriebszustand geeignete Ventileinstellung entweder eines Einlaß- oder eines Auslaßventils (17, 18) zu erhalten, als Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) für den ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) berechnet wird;

eine Soll-Ventilüberschneidungsphase (OVP) zwischen den Einlaß- und Auslaßventilen (17, 18) gemäß dem Motorbetriebszustand berechnet wird; und ein Soll-Steuerungsbetrag (EXP, INP) für den zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus (60b, 60a) auf der Grundlage des aktuellen Steuerungsbetrags (INR, EXR) des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) und der Soll-Ventilüberschneidungsphase berechnet wird.

2. Ventileinstellungs-Steuerungssystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß:  
die Ventileinstellung eine zeitliche Ventilsteuering umfaßt;  
der Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) eine Soll-Ventilsteuzeit umfaßt; und  
der aktuelle Steuerungsbetrag (INR, EXR) eine aktuelle Ventilsteuzeit umfaßt.

3. Ventileinstellungs-Steuerungssystem für einen Verbrennungsmotor (1), welches einen ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) zum Ändern der Ventileinstellung entweder eines Einlaßventils (17) oder eines Auslaßventils (18) sowie einen zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus (60b, 60a) zum Ändern der Ventileinstellung des jeweils anderen der Einlaß- (17) und Auslaßventile (18) umfaßt, wobei die Ventileinstellungs-Steuerungsvorrichtung die Aufgabe hat, einen Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) für jeden variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) zu berechnen und den Betrieb jedes variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) so zu steuern, daß sein aktueller Steuerungsbetrag (INR, EXR) mit dem Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) übereinstimmt, wobei das Ventileinstellungs-Steuerungssystem dadurch gekennzeichnet ist, daß:

ein erstes Sollwert-Berechnungsmittel vorgesehen ist, das einen Steuerungsbetrag für den ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b), der erforderlich ist, um eine für einen Motorbetriebszustand geeignete Ventileinstellung entweder eines Einlaßventils (17) oder eines Auslaßventils (18) zu erhalten, als ersten Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) für den ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) berechnet, das eine Soll-Ventilüberschneidungsphase (OVP) zwischen den Einlaß- und Auslaßventilen (17, 18) gemäß dem Motorbetriebszustand berechnet, und das einen Soll-Steuerungsbetrag (EXP, INP) für den zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus (60b, 60a) auf der Grundlage des aktuellen Steuerungsbetrags des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) und der Soll-Ventilüberschneidungsphase (OVP) berechnet;

ein zweites Sollwert-Berechnungsmittel vorgesehen ist, das Soll-Steuerungsbeträge für die ersten und zweiten variablen Ventilsteuerungsmechanismen (60a, 60b), die erforderlich sind, um jeweils die für den Motorbetriebszustand geeignete Einstellung der Ventile (17, 18) zu erhalten, als zweite Soll-Steuerungsbeträge (INP, EXP) der ersten und zweiten Ventilantriebsmechanismen (60a, 60b) berechnet; und

die Soll-Steuerungsbeträge (INP, EXP) für die ersten und zweiten Ventilantriebsmechanismen aus den ersten und zweiten Steuerungsbeträgen sowohl des ersten als auch des zweiten Ventilantriebsmechanismus gemäß dem Motorbetriebszustand zum Zeitpunkt der Berechnung der Soll-Steuerungsbeträge (INP, EXP) für die ersten und zweiten Ventilantriebsmechanismen ausgewählt werden.

4. Ventileinstellungs-Steuerungssystem für einen Verbrennungsmotor (1), welches einen ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) zum Ändern der Ventileinstellung entweder eines Einlaßventils (17) oder eines Auslaßventils (18) sowie einen zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus (60b, 60a) zum Ändern der Ventileinstellung des jeweils anderen der Einlaß- (17) und Auslaßventile (18) umfaßt, wobei das Ventileinstellungs-Steuerungssystem die Aufgabe hat, einen Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) für jeden variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) zu berechnen und den Betrieb jedes variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) so zu steuern, daß dessen aktueller Steuerungsbetrag (INR, EXR) dem Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) entspricht, wobei das Ventileinstellungs-Steuerungssystem dadurch gekennzeichnet ist, daß:

ein Steuerungsbetrag für den ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b), der erforderlich ist, um eine für den Motorbetriebszustand geeignete Ventileinstellung entweder eines Einlaßventils (17) oder eines Auslaßventils (18) zu erhalten, als Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) berechnet wird;

eine Soll-Ventilüberschneidungsphase (OVP) zwischen den Einlaß- und Auslaßventilen (17, 18) gemäß dem Motorbetriebszustand berechnet wird; ein erstes Sollwert-Berechnungsmittel vorgesehen ist, das einen ersten Soll-Steuerungsbetrag (EXP, INP) für den zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus (60b, 60a) auf der Grundlage des aktuellen Steuerungsbetrags (INR, EXR) des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) und der Soll-Ventilüberschneidungsphase (OVP) berechnet;

ein zweites Sollwert-Berechnungsmittel vorgesehen ist, das einen zweiten Soll-Steuerungsbetrag (EXP, INP) für den zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus (60b, 60a) auf der Grundlage des Soll-Steuerungsbetrags (INP, EXP) des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) und der Soll-Ventilüberschneidungsphase (OVP) berechnet; und

die Soll-Steuerungsbeträge (EXP, INP) für den zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus (60b, 60a) aus den ersten und zweiten Steuerungsbeträgen für den zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus gemäß dem Motorbetriebszustand zum Zeitpunkt der Berechnung der Soll-Steuerungsbeträge (INP, EXP) für die ersten und zweiten variablen Ventilantriebsmechanismen (60a, 60b) ausgewählt werden.

5. Ventileinstellungs-Steuerungssystem nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß:  
die Ventileinstellung eine zeitliche Ventilsteuering

umfaßt;  
der Soll-Steuerungsbetrag (INP; EXP) eine Soll-Ventilsteuerzeit umfaßt; und  
der aktuelle Steuerungsbetrag (INR, EXR) eine aktuelle Ventilsteuzeit umfaßt.  
5

6. Ventileinstellungs-Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß:  
der Betrieb jedes Ventils (17, 18) unter Verwendung der ersten Soll-Steuerungsbeträge (INP, EXP) gesteuert wird, wenn der Motorbetriebszustand es erfordert, daß die Soll-Ventilüberschneidungsphase (OVP) kleiner ist als eine gegenwärtige Ventilüberschneidungsphase; und  
10 der Betrieb jedes Ventils (17, 18) unter Verwendung des zweiten Soll-Steuerungsbetrags (INP, EXP) gesteuert wird, wenn der Motorbetriebszustand es erfordert, daß die Ventilüberschneidungsphase (OVP) größer ist als eine gegenwärtige Ventilüberschneidungsphase.  
15

7. Ventileinstellungs-Steuerungssystem nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß:  
jeder variable Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) die Ventilsteuerzeit eines Ventils (17, 18) ändert, und zwar durch Änderung der relativen Phase einer Nockenwelle (31, 32), die das Ventil (17, 18) zum Öffnen und Schließen antreibt, mit Bezug auf eine Kurbelwelle (5).  
20

8. Steuerungsverfahren für ein Ventileinstellungs-Steuerungssystem für einen Verbrennungsmotor (1), welches einen ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) für die Änderung der Ventileinstellung entweder eines Einlaßventils (17) oder eines Auslaßventils (18) sowie einen zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus (60b, 60a) für die Änderung der Ventileinstellung des jeweils anderen der Einlaß- (17) und Auslaßventile (18) umfaßt, wobei das Ventileinstellungs-Steuerungssystem die Aufgabe hat, einen Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) für jeden variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) zu berechnen und den Betrieb jedes variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) so zu steuern, daß sein aktueller Steuerungsbetrag (INR, EXR) mit dem Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) übereinstimmt, wobei das Steuerungsverfahren dadurch gekennzeichnet ist, daß es die folgenden Schritte aufweist:  
30 Berechnen eines Steuerungsbetrags für den ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b), der erforderlich ist, um eine für den Motorbetriebszustand geeignete Ventileinstellung eines der Einlaß- oder Auslaßventile (17, 18) als Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) für den ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) zu erhalten;  
35 Berechnen einer Soll-Ventilüberschneidungsphase (OVP) zwischen den Einlaß- und Auslaßventilen (17, 18) gemäß dem Motorbetriebszustand; und  
Berechnen eines Soll-Steuerungsbetrags (EXP, INP) für den zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus (60b, 60a) auf der Grundlage des aktuellen Steuerungsbetrags (INR, EXR) des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) und der Ventilüberschneidungsphase (OVP).  
40

9. Steuerungsverfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß:  
die Ventileinstellung eine zeitliche Ventilsteuerung umfaßt;  
der Soll-Steuerungsbetrag (INP; EXP) eine Soll-Ventilsteuerzeit umfaßt; und  
der aktuelle Steuerungsbetrag (INR, EXR) eine aktuelle Ventilsteuerzeit umfaßt.  
45

10. Steuerungsverfahren für ein Ventileinstellungs-Steuerungssystem für einen Verbrennungsmotor (1), welches einen ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) für die Änderung der Ventileinstellung entweder eines Einlaßventils (17) oder eines Auslaßventils (18) sowie einen zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus (60b, 60a) für die Änderung der Ventileinstellung des jeweils anderen der Einlaß- (17) und Auslaßventile (18) umfaßt, wobei das Ventileinstellungs-Steuerungsverfahren die Aufgabe hat, einen Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) für jeden variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) zu berechnen und den Betrieb jedes variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) so zu steuern, daß sein aktueller Steuerungsbetrag (INR, EXR) mit dem Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) übereinstimmt, wobei das Steuerungsverfahren dadurch gekennzeichnet ist, daß es die folgenden Schritte umfaßt:  
50 Berechnen eines Steuerungsbetrags für den ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b), der erforderlich ist, um eine für den Motorbetriebszustand geeignete Ventileinstellung für entweder ein Einlaßventil (17) oder ein Auslaßventil (18) zu erhalten, als ersten Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) für den ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b);  
Berechnen einer Soll-Ventilüberschneidungsphase (OVP) zwischen den Einlaß- und Auslaßventilen (17, 18) gemäß dem Motorbetriebszustand;  
Berechnen eines ersten Soll-Steuerungsbetrags (EXP, INP) für den zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus (60b, 60a) auf der Grundlage des aktuellen Soll-Steuerungsbetrags (INR, EXR) des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) und der Soll-Ventilüberschneidungsphase (OVP);  
Berechnen der Steuerungsbeträge für die ersten und zweiten variablen Ventilantriebsmechanismen (60a, 60b), die erforderlich sind, um jeweils die für den Motorbetriebszustand geeigneten Ventileinstellungen für die Ventile (17, 18) zu erhalten, als zweite Soll-Steuerungsbeträge (INP, EXP); und  
Auswählen der Soll-Steuerungsbeträge (INP, EXP) für die ersten und zweiten variablen Ventilantriebsmechanismen (60a, 60b) aus den ersten und zweiten Soll-Steuerungsbeträgen (INP, EXP) sowohl des ersten als auch des zweiten Ventilantriebsmechanismus gemäß dem Motorbetriebszustand zum Zeitpunkt der Berechnung der Soll-Steuerungsbeträge (INP, EXP) für die ersten und zweiten Ventilantriebsmechanismen (60a, 60b).  
55

11. Steuerungsverfahren für ein Ventileinstellungs-Steuerungssystem für einen Verbrennungsmotor (1), welches einen ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) zum Ändern der Ventileinstellung entweder eines Einlaßventils (17) oder eines Auslaßventils (18) sowie einen zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus (60b, 60a) für das Ändern der Ventileinstellung des jeweils anderen der Einlaß- (17) und Auslaßventile (18) umfaßt, wobei das Ventileinstellungs-Steuerungssystem die Aufgabe hat, einen Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) für jeden variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) zu berechnen und den Betrieb jedes variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) so zu steuern, daß sein aktueller Steuerungsbetrag (INR, EXR) mit dem Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) übereinstimmt, wobei das Steuerungsverfahren dadurch gekennzeichnet ist, daß es die folgenden Schritte umfaßt:  
60 Berechnen des Steuerungsbetrags für den ersten varia-

blen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b), der erforderlich ist, um eine für den Motorbetriebszustand geeignete Ventileinstellung entweder eines Einlaßventils (17) oder eines Auslaßventils (18) zu erhalten, als Soll-Steuerungsbetrag für den ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b); 5

Berechnen einer Soll-Ventilüberschneidungsphase (OVP) zwischen den Einlaß- und Auslaßventilen (17, 18) gemäß dem Motorbetriebszustand;

Berechnen eines ersten Soll-Steuerungsbetrags (EXP, 10 INP) für den zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus (60b, 60a) auf der Grundlage des aktuellen Steuerungsbetrags (INR, EXR) des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) und der Soll-Ventilüberschneidungsphase (OVP); 15

Berechnen eines zweiten Soll-Steuerungsbetrags (EXP, INP) für den zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus (60b, 60a) auf der Grundlage des Soll-Steuerungsbetrags (INR, EXR) des ersten variablen Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) und der Soll-Ventilüberschneidungsphase (OVP); und 20

Auswählen von Soll-Steuerungsbeträgen (EXP, INP) für den zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus aus den ersten und zweiten Soll-Steuerungsbeträgen (INP, EXP) für den zweiten variablen Ventilantriebsmechanismus gemäß dem Motorbetriebszustand zum Zeitpunkt der Berechnung der Soll-Steuerungsbeträge (INP, EXP) für die ersten und zweiten variablen Ventilantriebsmechanismen (60a, 60b). 25

12. Steuerungsverfahren nach einem der Ansprüche 30 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß:

die Ventileinstellung eine zeitliche Ventilsteuering umfaßt;

der Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) eine Soll-Ventilsteuerzeit umfaßt; und 35

der aktuelle Steuerungsbetrag (INR, EXR) eine aktuelle Ventilsteueringzeit umfaßt.

13. Steuerungsverfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß:

der erste Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) verwendet 40 wird, wenn der Motorbetriebszustand es erfordert, daß die Soll-Ventilüberschneidungsphase (OVP) kleiner ist als eine gegenwärtige Ventilüberschneidungsphase; und

der zweite Soll-Steuerungsbetrag (INP, EXP) verwendet 45 wird, wenn der Motorbetriebszustand es erfordert, daß die Soll-Ventilüberschneidungsphase (OVP) größer ist als die gegenwärtige Ventilüberschneidungsphase.

14. Steuerungsverfahren nach einem der Ansprüche 9 50 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß:

jeder variable Ventilantriebsmechanismus (60a, 60b) die Steuerzeit der Ventile (17, 18) ändert, und zwar durch Änderung der relativen Phase einer Kurbelwelle (31, 32), welche das Ventil (17, 18) zum Öffnen und 55 Schließen antreibt, bezüglich der Kurbelwelle (5).

---

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

FIG. 1

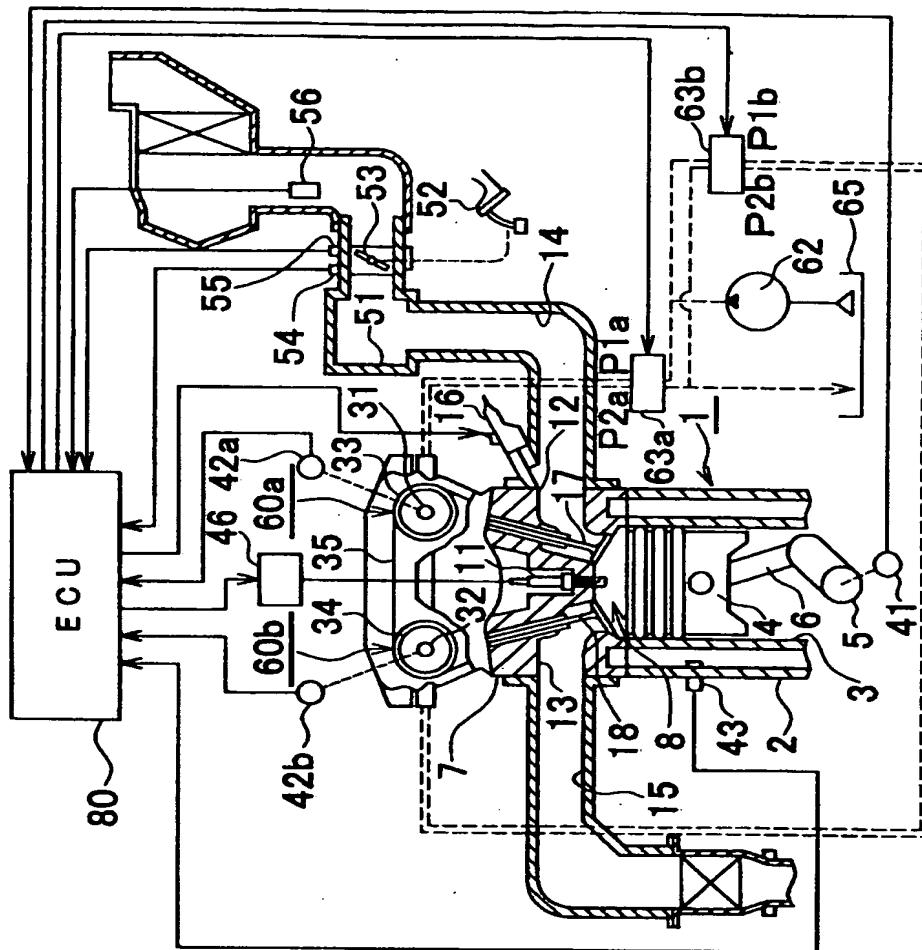
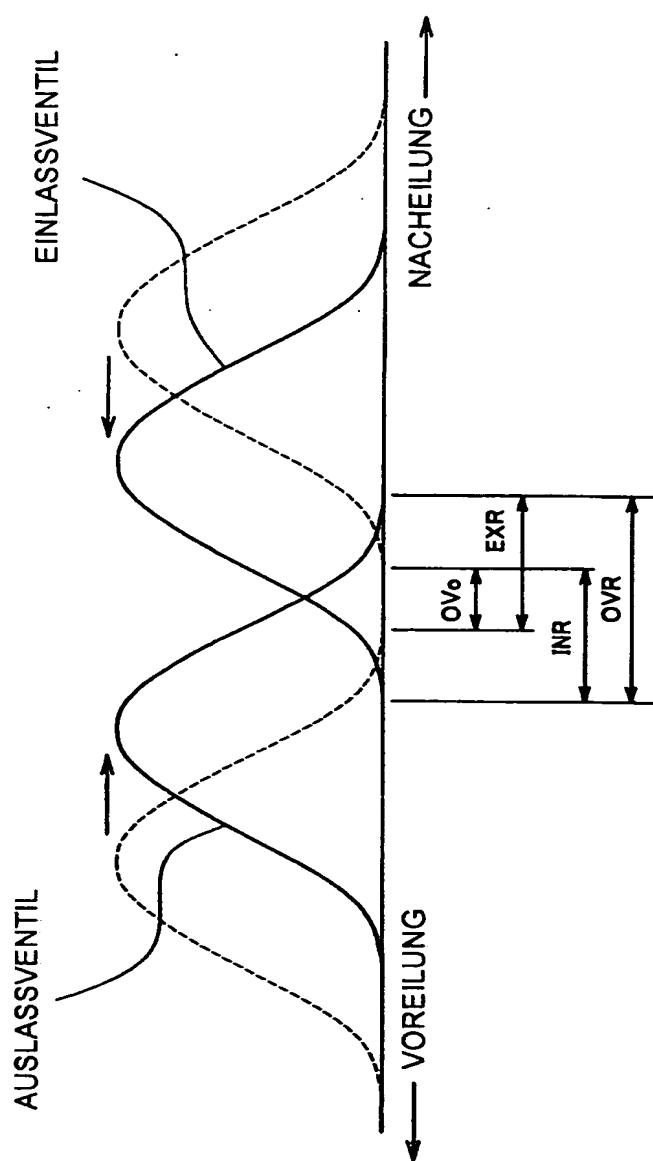


FIG. 2



## FIG. 3

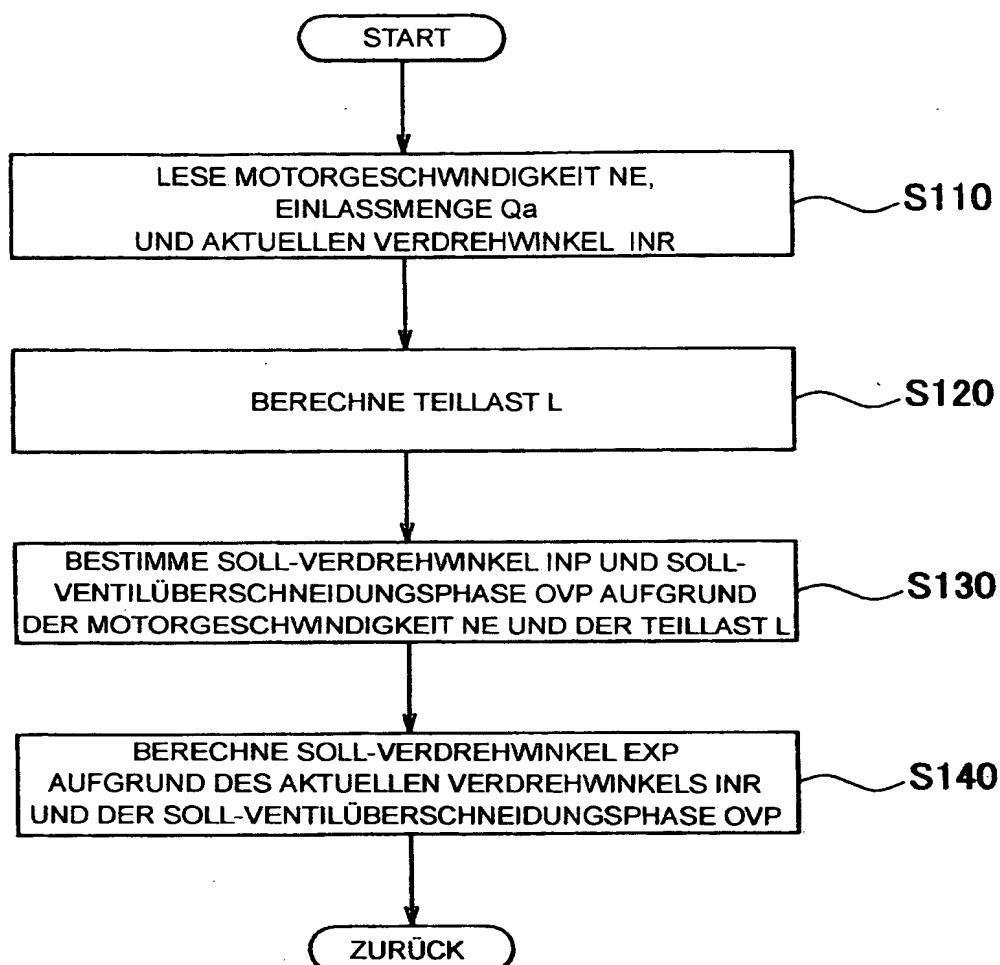


FIG. 4A

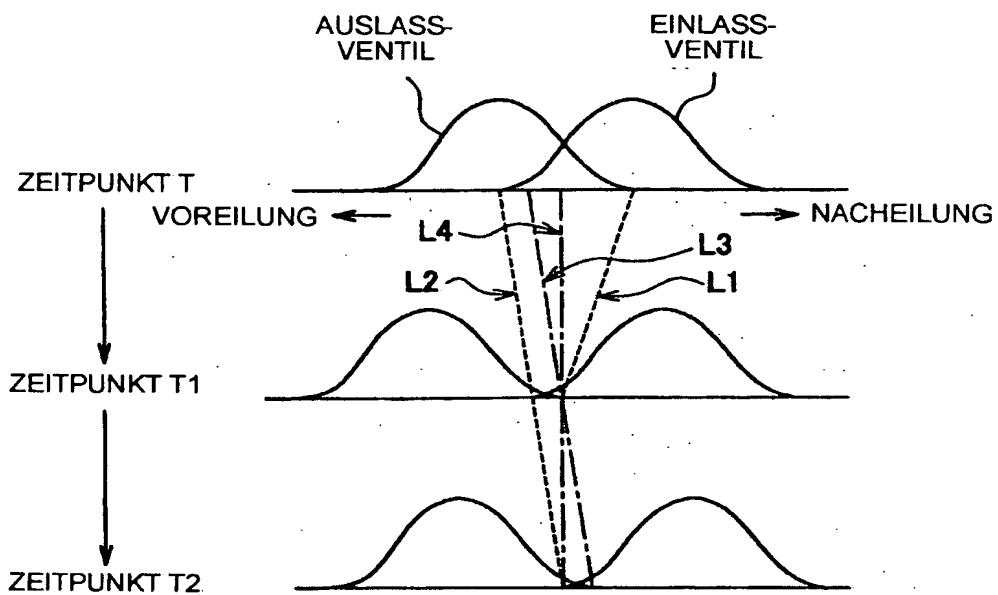
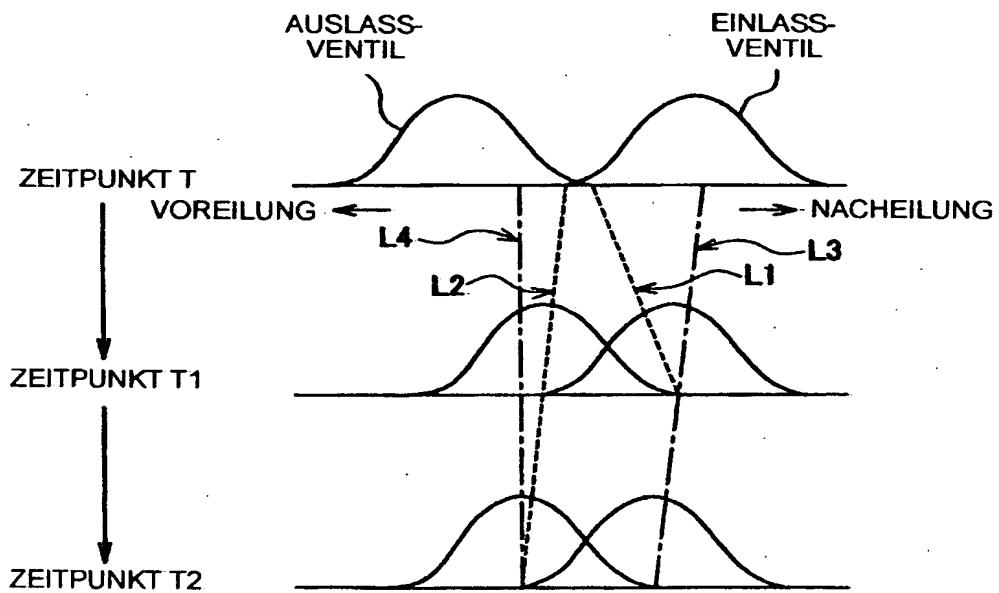


FIG. 4B



## FIG. 5

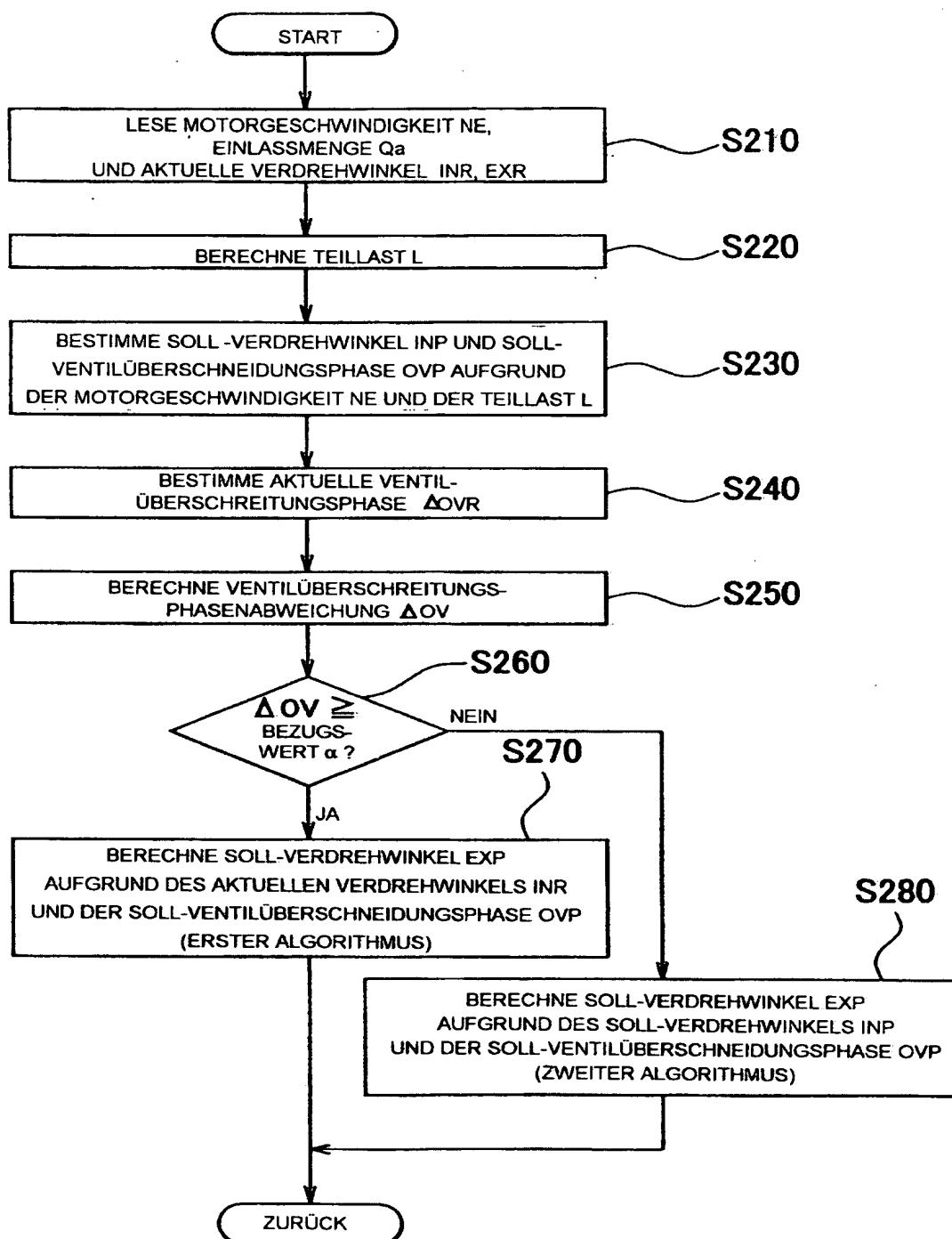


FIG. 6

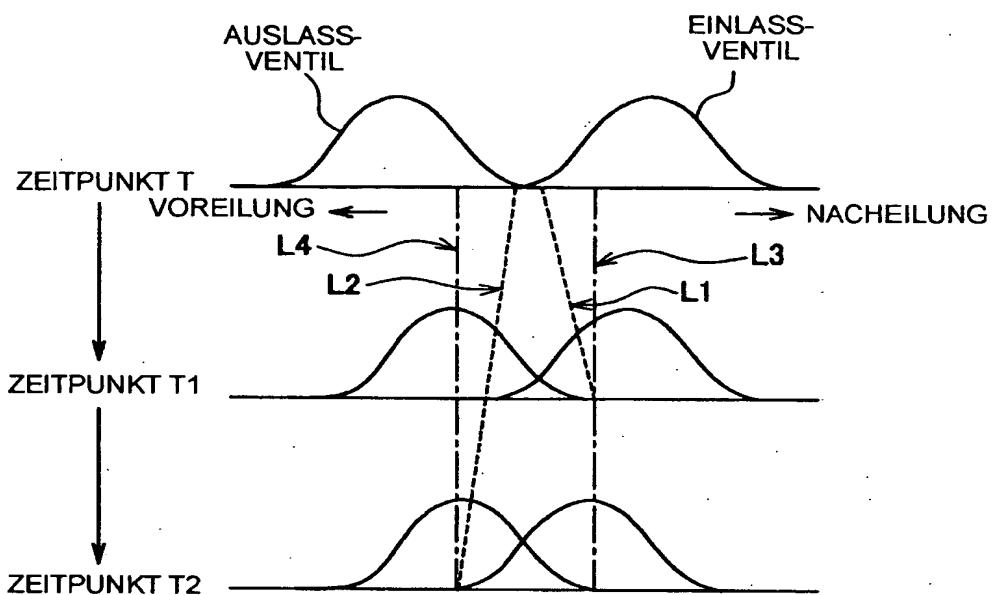
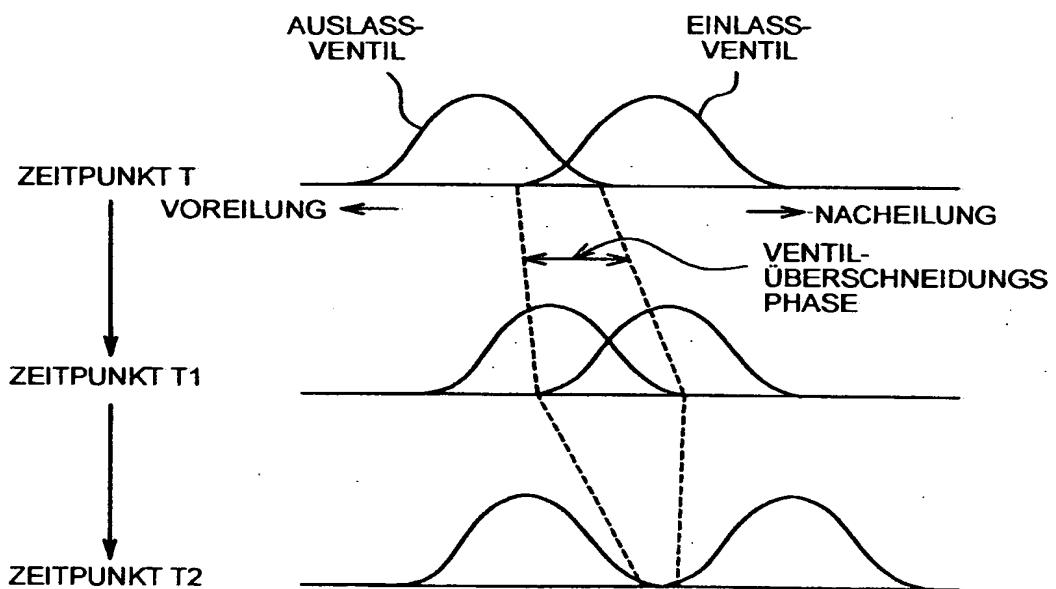


FIG. 7



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**